www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

3e JAARGANG NUMMER 4 APRIL 1938

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

SPANNINGSREGELING BIJ GELIJKSTROOMGENERATOREN MET BEHULP VAN TRIODEN

door N. A. J. VOORHOEVE en F. H. DE JONG. 621.313.12:621.385.3:621.316.722

De variaties van de door een gelijkstroomdynamo geleverde spanning kan men verminderen door de bekrachtigingsstroom in afhankelijkheid van de klemspanning te regelen. Een zeer nauwkeurige regeling wordt bereikt, wanneer men voor de bekrachtiging de plaatstroom van een triode-versterker gebruikt, waarvan de ingangsspanning door de klemspanningsvariaties wordt beinvloed.

In dit artikel wordt een trioderegelaar beschreven, die volgens dit principe werkt. De gunstige eigenschappen van dit toestel worden aan de hand van verschillende voorbeelden aangetoond.

Een gelijkstroomgenerator levert een spanning, die zekere variaties vertoont afhankelijk van de belasting en van toevallige oorzaken. Deze variaties kan men verminderen door de bekrachtigingsstroom in afhankelijkheid van de klemspanning te regelen. Dit kan geschieden door verandering van een weerstand in de bekrachtigingsketen van de generator of van de opwekdynamo.

Voor een snelle en nauwkeurige regeling is het gewenscht, dat de noodzakelijke weerstandsvariatie geschiedt door een orgaan, dat zooveel mogelijk zonder traagheid functionneert. Electronenbuizen zijn derhalve voor het uitvoeren dezer regeling wel het ideale middel.

In principe kan een dergelijke regeling worden uitgevoerd met een schema als weergegeven in *fig. 1*. De werking van de schakeling is als volgt:

Indien, bijv. door een belastingsvariatie, de klemspanning v_b van de generator afneemt, dan wordt de spanning pv_b aan het rooster van de triode T minder negatief ten opzichte van de kathode, zoodat de anodestroom toeneemt. Deze anodestroom vloeit door de bekrachtigingsketen van de generator. Door het toenemen van de bekrachtigingsstroom wordt het afnemen van de klemspanning tegengewerkt.

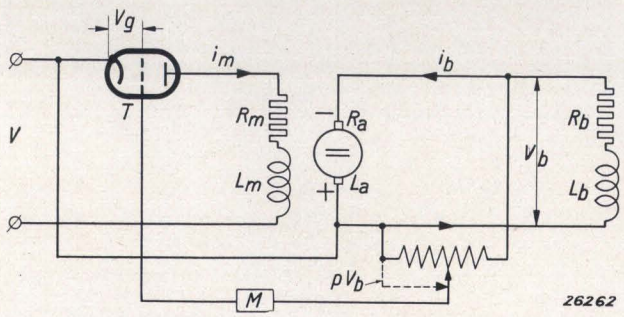


Fig. 1. Schakelschema voor spanningsregeling bij een gelijkstroomgenerator door triode in serie met de veldwikkeling.

Voor een zeer nauwkeurige regeling zal het in het algemeen noodig zijn de klemspanningsvariaties niet rechtstreeks doch via een spanningsversterker op het rooster van de regelende triode over te brengen. Deze spanningsversterker is in fig. 1 schematisch met M aangeduid.

Theorie van de triode-regelaar

De belangrijkste eischen, die men aan een spanningsregelaar moet stellen zijn:

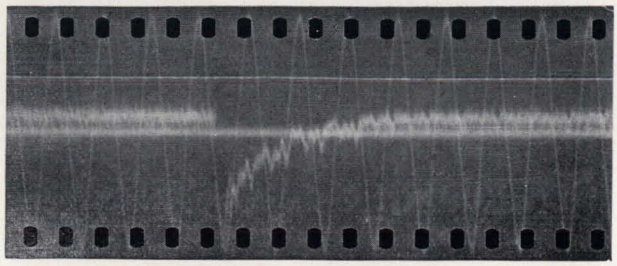
1e. De regeling moet nauwkeurig zijn. Als maat voor de nauwkeurigheid kunnen wij beschouwen de verhouding, waarin de spanningsfluctuaties door het toepassen van de regelaar worden verminderd.

2e. De regeling moet zeer snel gebeuren. Ieder regelapparaat heeft een zekere vertraging, zoodat bij zeer plotselinge belastingsvariaties de spanningsfluctuaties in het eerste oogenblik niet verminderd worden. Indien bijv. de belasting van de generator met spanningsregeling plotseling wordt ingeschakeld, dan verloopt de spanning, zooals *fig. 2* aantoont. Zij neemt plotseling af en daarna geleidelijk toe tot op weinig meer dan haar oorspronkelijke waarde. Naar gelang van de omstandigheden kan deze instelling op de eindwaarde kruipend gebeuren of volgens

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

een gedempte trilling. In beide gevallen kunnen wij de snelheid, waarmede de spanning de eindwaarde nadert, karakteriseeren door een tijdfactor in een e-macht en deze factor, de zg. dempingsconstante, vormt een maat voor de snelheid van de regeling.



26093

Fig. 2. Verloop der klemspanning bij plotseling inschakelen der belasting.

Om te onderzoeken welke mogelijkheden de trioderegelaar met betrekking tot deze twee eischen biedt, willen wij de werking van dit apparaat mathematisch nagaan. Wij gebruiken de volgende symbolen (zie fig. 1):

L_a, R_a	zelfinductie en weerstand van de ankerketen van de generator,
L_b, R_b	zelfinductie en weerstand van de aangesloten belasting,
i_b, v_b	door de generator geleverde stroomsterkte en spanning,
pv_b	het naar de regelaar gevoerde gedeelte van v_b,
m	versterkingsfactor van de spanningsversterker M,
i_m, v_m	bekrachtigingsstroom, -spanning,
L_m, R_m	zelfinductie en weerstand van de bekrachtigingsketen,
μ, v_g, R_i	versterkingsfactor, roosterspanning en inwendige weerstand van de regeltriode,
v_{g0}, i_{m0}, i_{b0}	waarden van v_g, i_m, i_b, hoorende bij een willekeurig gekozen stationnaire toestand.

De volgende betrekkingen kunnen worden opgesteld. Voor de ankerketen geldt:

$$(L_b + L_a)\frac{\mathrm{d}i_b}{\mathrm{d}t} + (R_b + R_a)\, i_b = \mathrm{EMK} \quad \cdot \cdot \quad (1)$$

Bij geringe variaties van de bekrachtigingsstroom zal de EMK lineair met i_m veranderen:

$$\mathrm{EMK} = v_0 + c_1\, i_m \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (2)$$

De stroom i_m komt uit de triode. Hierin geldt:

$$(i_m - i_{m0}) = \frac{\mu}{R_i}(v_g - v_{g0}) + \frac{1}{R_i}(v_m - v_{m0}),$$

waarbij:

$$v_m - v_{m0} = -R_m\,(i_m - i_{m0}) - L_m\frac{\mathrm{d}i_m}{\mathrm{d}t}.$$

Daaruit volgt dus:

$$\mu\,(v_g - v_{g0}) = (R_i + R_m)\,(i_m - i_{m0}) + L_m\frac{\mathrm{d}i_m}{\mathrm{d}t}. \quad (3)$$

De spanning v_g hangt via de versterker M samen met de spanning van de generator:

$$v_g - v_{g0} = -mp\cdot(v_b - v_{b0}) =$$

$$= -mp\left[c_1\,(i_m - i_{m0}) - R_a\,(i_b - i_{b0}) - L_a\frac{\mathrm{d}i_b}{\mathrm{d}t}\right]. \quad (4)$$

Indien wij uit de vergelijkingen (1) tot (4) $v_g - v_{g0}$, i_m en $\frac{\mathrm{d}i_m}{\mathrm{d}t}$ elimineeren, dan vinden wij voor i_b een homogene, lineaire differentiaalvergelijking van de tweede orde:

$$P\frac{\mathrm{d}^2 i_b}{\mathrm{d}t^2} + Q\frac{\mathrm{d}i_b}{\mathrm{d}t} + R\left(i_b - \frac{S}{R}\right) = 0, \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (5)$$

waarin:

$$P = L_m\,(L_b + L_a),$$

$$Q = L_b\,(R_i + R_m + mp\mu c_1) + L_a\,(R_i + R_m) + L_m\,(R_b + R_a),$$

$$R = R_b\,(R_i + R_m + mp\mu c_1) + R_a\,(R_i + R_m),$$

$$S = (v_0 + c_1\, i_{m0})\,(R_i + R_m) + mp\mu\, c_1\,(v_0 + c_1\, i_{m0} - R_a\, i_{b0})$$

$$= (v_0 + c_1\, i_{m0})\,(R_i + R_m) + mp\mu\, c_1\, v_{b0}.$$

Zooals bekend, kan de algemeene oplossing van de differentiaalvergelijking (5) geschreven worden in de vorm van een som van twee e-machten:

$$i_b - S/R = A_1\, e^{-\alpha_1 t} + A_2\, e^{-\alpha_2 t}. \quad \cdot \cdot \quad (6)$$

Voert men deze uitdrukking in verg. (5) in, dan verkrijgt men voor α_1 en α_2 de volgende vierkantsvergelijking:

$$P\,\alpha^2 - Q\,\alpha + R = 0.$$

De oplossingen zijn:

$$\alpha_1,\ \alpha_2 = \frac{Q}{2P} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{4P^2} - \frac{R}{P}}, \quad \cdot \cdot \cdot \quad (7)$$

Wij zullen later aan de hand van voorbeelden zien, dat de wortel in verg. (7) zoowel reëel als imaginair kan zijn. In het eerste geval zal de stroomsterkte volgens onderstaande vergelijking kruipend tot haar eindwaarde naderen; in het tweede geval in de vorm van een gedempte trilling. De hiervoor geldende formules zijn resp.:

$$i_b = \frac{S}{R} + A_1\, e^{-\left(\frac{Q}{2P} + \sqrt{\frac{Q^2}{4P^2} - \frac{R}{P}}\right)t} + A_2\, e^{-\left(\frac{Q}{2P} - \sqrt{\frac{Q^2}{4P^2} - \frac{R}{P}}\right)t}$$

(8a)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

en

$$i_b = \frac{S}{R} + e^{-\frac{Qt}{2P}}\left(A_1' \cos t\sqrt{\frac{R}{P} - \frac{Q^2}{4P^2}} + \right.$$
$$\left. + A_2' \sin t\sqrt{\frac{R}{P} - \frac{Q^2}{4P^2}}\right), \quad \cdot \quad (8b)$$

waarbij A_1' en A_2' evenals A_1 en A_2 willekeurige constanten zijn. P, Q, R en S zijn volgens de definities positief. Hieruit volgt, dat de exponenten in de e-machten van verg. (8) altijd negatief zijn; labiliteit is dus uitgesloten.

De snelheid van de regeling wordt bepaald door verschillende grootheden, al naarmate wij met verg. (8a) of (8b) moeten werken.

Het eerste geval, kruipende instelling, treedt op, wanneer $Q^2 > 4PR$. In dit geval is de snelheid van de regeling bepaald door de kleinste van de beide exponenten in de e-machten van verg. (8a). Deze is:

$$\alpha_2 = \frac{Q}{2P}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4PR}{Q^2}}\right).$$

In sommige practische gevallen zal Q^2 veel grooter zijn dan $4PR$, zoodat wij $\sqrt{1 - 4PR/Q^2}$ door $1 - 2PR/Q^2$ kunnen benaderen.
Wij verkrijgen dan

$$\alpha_2 = \frac{R}{Q}.$$

Het tweede geval, $Q^2 < 4PR$ levert een gedempte trilling volgens verg. (8b), de dempingsconstante (β) is

$$\beta = \frac{Q}{2P}.$$

De latere voorbeelden zullen aantoonen, dat zoowel α_2 als β gemakkelijk bijv. 3000 sec^{-1} kunnen bedragen, zoodat de regeling dan slechts $^1/_{3000}$ sec duurt.

Nadere discussie van het resultaat

In het geval van een slingerende instelling vindt men voor de dempingsconstante $\beta = \frac{Q}{2P}$:

$$\beta = \frac{L_b\, mp\mu\, c_1}{2\, L_m\,(L_b + L_a)} + \frac{1}{2}\,\frac{R_i + R_m}{L_m} + \frac{1}{2}\,\frac{R_b + R_a}{L_b + L_a} \quad \cdot \cdot \quad (9)$$

en voor de slingerfrequentie: $\sqrt{\frac{R}{P} - \frac{Q^2}{4P^2}} = \omega$:

$$\omega^2 = \frac{R_b\,(R_i + R_m + mp\mu\, c_1) + R_a\,(R_i + R_m)}{L_m\,(L_b + L_a)} - \beta^2 \cdot (10)$$

In het geval van een kruipende instelling is ω^2 negatief; de demping is dan bepaald door

$$\alpha_2 = \beta - \sqrt{-\omega^2}.$$

In het algemeen bevat de belastingsweerstand een inductieve componente ($L_b > 0$); in dit geval verloopen β en ω^2 als functie van de versterking m qualitatief, zooals in *fig. 3a* is aangegeven. Voor een voldoend groote versterking zal ω^2 negatief worden; de dempingsconstante, die eerst met m toeneemt, wordt dan weer kleiner en nadert de eindwaarde R_b/L_b, welke niet meer van de generator afhangt, maar alleen van de belastingsimpedantie. Bestaat de belasting echter uit een zuiver Ohmsche weerstand, dan verloopen β en ω^2 volgens fig. 3*b*; een slingerende instelling kan nu door het vergrooten van de versterking niet kruipend gemaakt worden en ook de demping van de slingering wordt nu niet beinvloed.

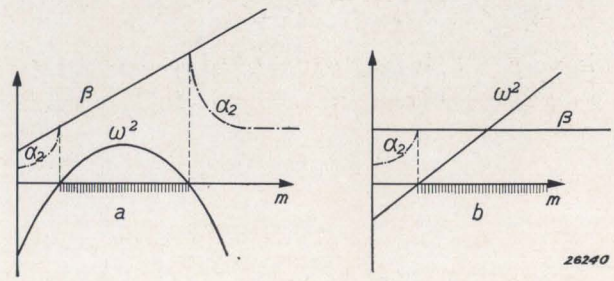


Fig. 3. Verloop van α_2, β en ω^2 als functie van de versterking m. In het gearceerde gebied van de abscis heeft men met een slingerende instelling te maken; daarbuiten is de regeling kruipend.
a) De belastingsimpedantie heeft een zelfinductie.
b) De belasting is een zuiver Ohmsche weerstand.

Om de nauwkeurigheid van de regeling te beoordeelen moeten wij nagaan, hoe de eindwaarde van

$$v_b = i_b\, R_b, \text{ nl. } v_b = \frac{S}{R}\, R_b\,,$$

afhangt van de belastingsweerstand R_b (de zelfinductie L_b heeft op de eindwaarde geen invloed). Zijn R_{bo} en R_b twee verschillende waarden van de belastingsweerstand dan berekent men voor het verschil van de erbij behoorende generatorspanningen:

$$v_b - v_{b0} = -\frac{(v_0 + c_1\, i_{m0})\,\dfrac{R_a\,(R_b - R_{b0})}{R_b R_{b0}\,(1 + R_a/R_{b0})}}{\dfrac{mp\mu\, c_1}{R_i + R_m} + 1 + \dfrac{R_a}{R_b}} \quad (11)$$

Indien geen spanningsregeling wordt toegepast, dan verkrijgt men dezelfde uitdrukking met $m = 0$:

$$(v_b - v_{b0})_z = -\frac{(v_0 + c_1\, i_{m0})\,\dfrac{R_a\,(R_b - R_{b0})}{R_b R_{b0}\,(1 + R_a/R_{b0})}}{1 + \dfrac{R_a}{R_b}} \quad (12)$$

De nauwkeurigheid van de regeling werd boven gedefinieerd door

$$N = \frac{(v_b - v_{b0})_z}{(v_b - v_{b0})},$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

en bedraagt dus volgens (11) en (12):

$$N = \frac{\frac{mp\mu\, c_1}{R_i + R_m} + 1 + \frac{R_a}{R_b}}{1 + \frac{R_a}{R_b}}.$$

In de meeste practisch voorkomende gevallen is $mp\mu c_1 \gg R_i + R_m$ en $R_a \ll R_b$, zoodat met goede benadering geldt:

$$N = \frac{mp\mu\, c_1}{R_i + R_m}. \quad \cdots\cdots (13)$$

Uit verg. (13) volgt, dat de nauwkeurigheid van de regeling evenredig met de spanningsversterking toeneemt.

Voorbeeld:

Bij een gelijkstroomdynamo van 460 V, 2,5 kW met trioderegelaar werden de volgende grootheden gemeten:

m	= 360	R_a =	7,2 ohm
p	= 1 resp. 0,1	R_b =	585 ohm
c_1	= 1700 ohm	R_i =	360 ohm
$L_a = L_b$	= 0,155 H	R_m =	1675 ohm
L_m	= 82,5 H		

Men vindt voor $p = 0{,}1$ een gedempte trilling en voor $p = 1$ een kruipende instelling. Met behulp van de boven gegeven getallen berekent men voor $p = 0{,}1$:

$P = 82{,}5\,(0{,}155 + 0{,}155) = 25{,}6$

$Q = 0{,}155\,(360 + 1675 + 0{,}1 \cdot 360 \cdot 6 \cdot 1700) + 0{,}155\,(360 + 1675) + 82{,}5\,(585 + 7{,}2) = 106500$

$R = 585\,(360 + 1675 + 0{,}1 \cdot 360 \cdot 6 \cdot 1700) + 2\,(360 + 1675) \cong 216 \cdot 10^6$

en voor $p = 1$:

$P = 25{,}6$, $Q = 620000$, $R \cong 216 \cdot 10^7$.

Fig. 4. Spanningsregelaar Philips, type 4142.

Hieruit volgt:

voor $p = 0{,}1$: $\beta = 2080\ \text{sec}^{-1}$; $N = 180$,

voor $p = 1$: $\alpha_2 = 4200\ \text{sec}^{-1}$; $N = 1800$.

De vertraging bedraagt dus slechts enkele tienduizendste secunden en de spanningsfluctuaties worden in het laatste geval op nagenoeg 1/2000 gereduceerd. Hiermede is dus aangetoond, dat bij toepassing van spanningsregeling door trioden een zeer snel verloopende en zeer nauwkeurige regeling is te bereiken.

Practische uitvoering van de trioderegelaar

De spanningsregelaar Philips, type 4142, is weergegeven in *fig. 4*, het schema in *fig. 5*. De werking

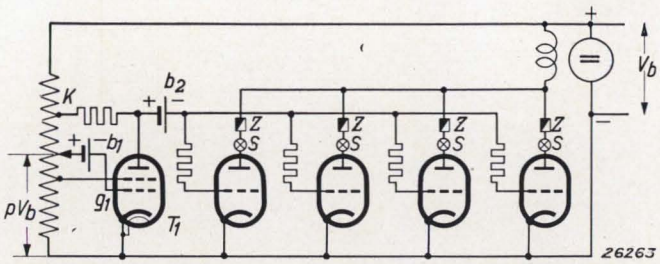


Fig. 5. Schema van een spanningsregelaar met trioden.

komt in hoofdzaak overeen met het in fig. 1 uiteengezet principe en is aan de hand van het in fig. 5 weergegeven schema gemakkelijk na te gaan.

De spanningsversterker M is een weerstandsversterker. Als versterkerlamp dient de tetrode T_1. De regelspanning $p\,v_b$ wordt van de potentiometer P afgenomen en via de roosterbatterij b_1 naar het stuurrooster g_1 van de tetrode gevoerd. Wanneer de klemspanning v_b toeneemt, neemt ook de anodestroom van de tetrode toe en hierdoor neemt de anodespanning af. Deze spanningsverandering wordt via een tweede roosterbatterij b_2 aan de roosters van een aantal parallel geschakelde trioden overgedragen, die de bekrachtigingsstroom leveren. De anodespanning van de trioden wordt evenals die van de tetrode door de generator geleverd. Om echter, zoo noodig, de tetrode met een hoogere anodespanning te kunnen gebruiken, is het punt K (anodespanning tetrode) afzonderlijk naar buiten gevoerd.

Over het schema valt nog het volgende op te merken:

1e. De regelaar werkt met meerdere lampen in parallel-schakeling, hierdoor wordt de bedrijfszekerheid verhoogd. Bij een eventueel defect aan één der lampen, wordt de regeling met de overige lampen practisch onveranderd voortgezet.

2e. In de anodekring van elke regel-triode bevindt zich een verkliklampje s en een veiligheid z.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Het verkliklampje dooft, zoodra door een defect in de desbetreffende triode de anodestroom abnormaal klein wordt. De veiligheid brandt door, zoodra deze stroom door een kortsluiting abnormaal groot wordt.

3e. De roosters der regel-trioden zijn over groote weerstanden met de roosterbatterij verbonden. Hierdoor wordt voorkomen, dat bij een eventueele kortsluiting tusschen rooster en kathode in één der trioden de totale anode-stroom (bekrachtigingsstroom) ontoelaatbaar hoog oploopt.

Enkele practische toepassingen van de triode-snelregelaar

De bijzondere eigenschappen van de triode-snelregelaar nl. zeer hooge nauwkeurigheid en groote snelheid van de regeling maken deze geschikt voor het gebruik op die plaatsen, waar werkelijk een zeer constante spanning wordt vereischt.

Toepassingsgebieden zijn o.a. laboratoria, scholen, ijkstations, sleeptanks. Hier zullen in 't kort beschreven worden de beide laatste toepassingen, waarbij een kostbare accumulator-batterij, die veel onderhoud vereischt, kan worden vervangen door een veel minder kostbare omvormer-installatie met triode-regelaar, die weinig onderhoud vereischt.

Gebruik van de triode-regelaar in een ijkstation

Voor het ijken van electriciteitsmeters is de volgende methode gebruikelijk.

Voor het voeden van de spannings- en stroomspoelen dienen afzonderlijke wisselstroomgeneratoren, die gemeenschappelijk worden aangedreven door een gelijkstroommotor. Om bij verschillende phase-verschuivingen te kunnen meten, is de spanningsgenerator van een draaibare stator voorzien.

Gedurende een ijking moeten de spanningen en de frequentie van beide generatoren nauwkeurig constant blijven; dit wordt bereikt, wanneer de gelijkstroommotor is aangesloten op een spanningsbron, die practisch constante spanning heeft. Veelal gebruikt men nu als spanningsbron een accumulator-batterij; de triode-regelaar maakt het mogelijk de batterij te vervangen door een omvormer met gelijkstroomdynamo, waarvan de klemspanning door de regelaar nauwkeurig constant gehouden wordt.

Een dergelijke installatie is in *fig. 6* en 7 weergegeven.

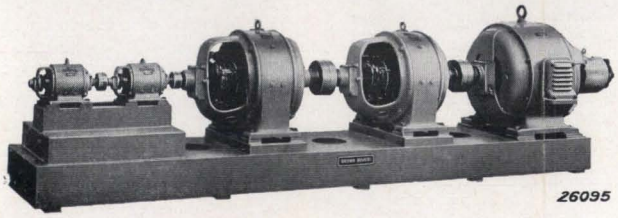


Fig. 6. Omvormer bestaande uit draaistroom-synchroonmotor en twee gelijkstroomgeneratoren van 22 kW.

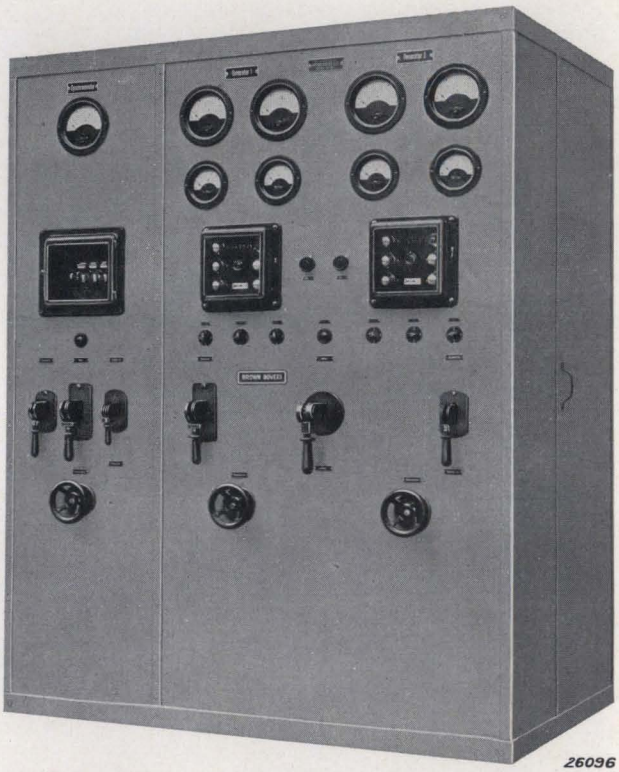


Fig. 7. Schakelkast voor omvormer van fig. 6, met twee ingebouwde spanningsregelaars.

De omvormer bestaat uit een draaistroom-synchroonmotor, gekoppeld met twee gelijkstroomgeneratoren van 22 kW, die het drieleidernet van 2×125 V voor de ijkgroepen voeden.

Fig. 6 toont de omvormer, fig. 7 de schakelkast met ingebouwde Philips triode-snelregelaars type 4142.

Aan de generator is gemeten $R_m = 1055$ ohm, $c_1 = 330$ ohm.

De triode-regelaar is zoodanig ingesteld, dat $p = 1$, $m = 500$, de regeltrioden hebben een versterkingsfactor $\mu = 6$ en een inwendige weerstand van 1500 ohm. Er zijn vijf regeltrioden parallel geschakeld, zoodat $R_i = 300$ ohm. Hieruit volgt:

$$N \cong \frac{6 \cdot 500 \cdot 330}{1055 + 300} \cong 730.$$

De spanningsdaling van nullast tot volle belasting zonder regeling bedraagt 6 V, mèt regeling wordt de spanningsdaling verminderd tot $6/730 \cong 0{,}008$ V.

De klemspanning bedraagt 125 V; de afwijking van de gemiddelde klemspanning bedraagt met

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

regeling dus slechts + of — 0,03 $^0/_{00}$. In de practijk is door metingen bewezen, dat bij plotselinge belastingsvariaties deze zeer groote regelingsnauwkeurigheid inderdaad wordt bereikt. Over langere tijden zal de klemspanning in het algemeen iets grootere variaties vertoonen, omdat ook de roosterbatterij-spanningen invloed op de klemspanning hebben. De procentueele verandering van v_b is gelijk aan de procentueele verandering van de batterijspanning. Bij batterijen van goede kwaliteit verloopen deze veranderingen zeer langzaam, zoodat het practisch mogelijk is de klemspanning op 0,1 $^0/_{00}$ constant te houden.

Toepassing bij een sleeptank

Een triode-regelaar voor de omvormer-installatie in een sleeptank werd geleverd aan het Neder-

Fig. 8. Schakelkast van omvormer voor 220 V gelijkstroom met ingebouwde snelregelaar.

landsche Scheepsbouwkundige Proefstation in Wageningen.

De sleepwagen, die gebruikt wordt om scheepsmodellen door de watertank te trekken, loopt op vier raderen, elk rad wordt aangedreven door een gelijkstroommotor met een vermogen van ca. 20 PK. De motoren zijn afzonderlijk bekrachtigd vanuit een gelijkstroomnet van 220 V. De ankers der motoren zijn in serie geschakeld met een maximale ankerspanning van 145 V per motor. De rijsnelheid der motoren wordt geregeld door de ankerspanning te varieeren en de in serie geschakelde ankers worden

Fig. 9. Schakellessenaar voor 72 kW Ward-Leonard omvormer met ingebouwde snelregelaar.

daartoe gevoed uit een net met regelbare spanning van 8 tot 600 V.

Daar de snelheid van de sleepwagen gedurende een proef nauwkeurig constant moet blijven, is het noodzakelijk, dat de spanningen der beide gelijkstroomnetten nauwkeurig constant gehouden worden. Dit wordt als volgt bereikt.

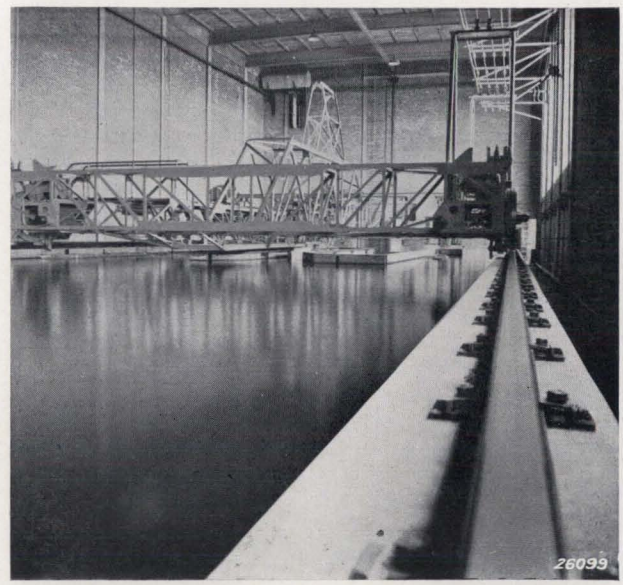


Fig. 10. De wagen voor het sleepen van scheepsmodellen in het proefstation te Wageningen. De wagen loopt op twee rails over een tank van 10,5 m breedte, 5,5 m diepte en 160 m lengte. Hij wordt aangedreven door vier motoren, elk van 20 PK, die gevoed worden met een door middel van een spanningsregelaar constant gehouden spanning.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

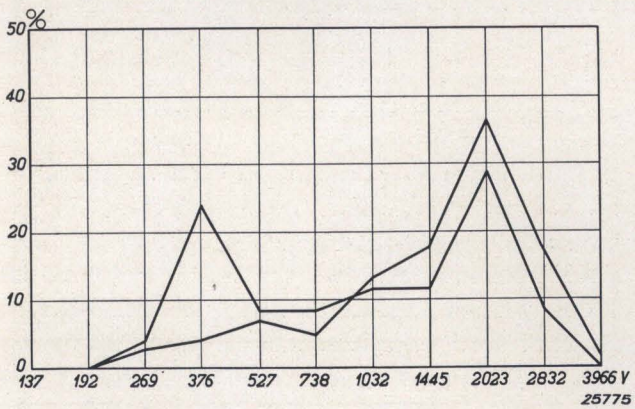
Het net van 220 V wordt gevoed door een omvormer met een synchroon-draaistroommotor en een compound-dynamo, waarvan de klemspanning wordt geregeld door een triode-snelregelaar. Voor het voeden van het regelbare net van 600 V, dat de energie aan de wagen-motoren moet leveren, wordt meestal een accumulator-batterij gebruikt. Om deze kostbare en omvangrijke installaties te vermijden, werd in het proefstation de batterij vervangen door een Ward-Leonard omvormer, bestaande uit een gelijkstroomdynamo van 72 kW, met een van uit het net van 220 V bekrachtigde opwekdynamo van 1,5 kW, samen aangedreven door een synchroon-draaistroommotor.

De klemspanning van de gelijkstroomdynamo wordt nauwkeurig constant gehouden — bij alle voorkomende waarden van 8 tot 600 V — door een triode-snelregelaar, die in de veldketen van de opwekdynamo is opgenomen.

Fig. 8 toont de schakelkast behoorende bij de 220 V omvormer met Philips triode-snelregelaar; *fig. 9* toont de schakellessenaar behoorende bij de Ward-Leonard omvormer; aan de voorzijde is de triode-snelregelaar zichtbaar. Daar het aantal regel-trioden hier verdubbeld moest worden, zijn deze in twee uiterlijk gelijke kasten ondergebracht. In *fig. 10* is de sleepwagen weergegeven, die op twee rails loopt over een kanaal van 10,5 m breedte en 160 m lengte.

De installatie heeft reeds eenige jaren gefunctionneerd. De besparing door het toepassen van omvormers met triode-snelregelaars inplaats van accu-batterijen bedroeg in dit geval *f* 15000.—.

Errata: In het artikel van J. Hoekstra over eigenschappen van emailledraad in het Februarinummer van dit tijdschrift moet de schaalverdeeling van de ordinaat van fig. 1 (blz. 42) 40% kleiner zijn. Hieronder volgt de juiste figuur met daarnaast het bijbehoorende onderschrift.



In het artikel van H. Bruining over secundaire electronenemissie in het Maartnummer van dit tijdschrift wordt op blz. 86 rechts boven vermeld, dat de conglomeraten van metaalatomen, welke bij het verdampen van metalen in een gas-atmosfeer ontstaan, enkele millimeters kunnen bedragen. Dit moet zijn millimicrons.

Fig. 1. Statistiek der aan twee klossen van verschillend fabrikaat gemeten doorslagspanningen (ca. 60 metingen per klos). Het draad was emailledraad van 0,4 mm kerndiameter. De dikte van een enkele laklaag bedroeg ca. 13 $\mu \pm 1\ \mu$.

De methode was die der D.I.N.: het draad werd om een blanke gepolijste cylinder van 30 mm diameter geslagen en het eene einde met een gewicht van 50 g belast. Daarna werd een sinusvormige wisselspanning van 50 Hz tusschen het koperdraad en de cylinder gelegd en geleidelijk van 0 tot de doorslagspanning verhoogd. E_{eff} werd gemeten. De gevonden doorslagwaarden werden nu verdeeld in groepen, dusdanig dat elke groep begint met een spanning, welke 1,4 maal zoo groot is als de beginspanning van de vorige groep. Uitgezet is telkens het percentage van het totaal aantal doorslagen, dat in iedere groep lag.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

HET GEDRAG VAN VERSTERKERBUIZEN BIJ ZEER HOOGE FREQUENTIES

door M. J. O. STRUTT en A. VAN DER ZIEL.

537.545 : 621.3.029.6 : 621.936.645.31

De eigenschappen van versterkerbuizen laten zich karakteriseeren door vier admittanties (reciproke impedanties): de steilheid, de uitgangsadmittantie, de ingangsadmittantie en de terugwerkingsadmittantie.

Deze admittanties zijn in het algemeen complex. Het reëele gedeelte is bij omroepfrequenties constant en kan dus opgevat worden als een weerstand; het imaginaire gedeelte is evenredig met de frequentie en kan opgevat worden als een condensator.

Bij ultrakorte golven treden afwijkingen van dit gedrag op. Deze zijn toe te schrijven aan: 1e de looptijden van de electronen tusschen de electroden van de buis; 2e zelfinducties en wederzijdsche inducties van verschillende geleidingen. In dit artikel wordt nagegaan, hoe de vier admittanties zich bij ultrakorte golven gedragen en welke oorzaken voor het waargenomen gedrag in ieder van de vier gevallen speciaal zijn aan te wijzen.

Inleiding

De eigenschappen van een versterkerbuis zijn in het algemeen afhankelijk van de frequentie der wisselspanning, die door de buis versterkt wordt. Voor sommige van de grootheden is de frequentie-afhankelijkheid vanzelfsprekend. Men denke bijv. aan het capacitieve geleidingsvermogen tusschen verschillende electroden van de buis. Andere grootheden, zooals de steilheid, zijn in het gebied der omroepgolven (>200 m) practisch onafhankelijk van de frequentie en vertoonen eerst bij zeer hooge frequenties afwijkingen van dit gedrag. Hier spelen verschijnselen een rol, die minder vanzelfsprekend zijn en een discussie van deze verschijnselen en hun gevolgen vormt in hoofdzaak het onderwerp van dit artikel.

De werking van een radiolamp laat zich voor voldoende kleine wisselspanningen tusschen kathode en rooster resp. anode beschrijven door de vergelijkingen

$$\left.\begin{aligned} i_a &= A\,v_g + B\,v_a \\ i_g &= C\,v_g + D\,v_a \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

De eerste vergelijking geeft aan, dat de stroom i_a aan de uitgangszijde (anode) van de buis in lineair verband staat met de wisselspanning v_g aan de ingangszijde en v_a aan de uitgangszijde. De tweede vergelijking geeft de analoge betrekking voor de stroom aan de ingangszijde. De grootheden A, B, C, D zijn bepaald door de diverse constanten der lampen en hebben in het algemeen complexe waarde.

Wij zien uit de vergelijking, dat de grootheden A tot en met D de verhouding van een stroom tot een spanning aangeven. Ze zijn dus omgekeerde impedanties, m.a.w. admittanties. Wij zullen ze verder aanduiden als karakteristieke admittanties van een versterkerbuis.

De beteekenis van de karakteristieke admittanties kan men inzien door eerst de uitgangszijde van de buis kort te sluiten en dan hetzelfde met de ingangszijde te doen. In het eerste geval is $v_a = 0$ en geldt:

$$i_a = A\,v_g; \quad i_g = C\,v_g.$$

Men noemt C de ingangsadmittantie, omdat ze de ingangsstroom met de ingangsspanning verbindt en A de steilheid van de buis.

In het tweede geval is $v_g = 0$ en geldt:

$$i_a = B\,v_a; \quad i_g = D\,v_a.$$

Men noemt B de uitgangsadmittantie en D de terugwerkingsadmittantie.

Voor een systematische bestudeering van de invloed van de frequentie op de eigenschappen van een versterkerlamp kan men het beste voor elk van de vier admittanties nagaan, hoe ze van de frequentie afhangt. Alvorens daartoe over te gaan willen wij echter eerst enkele algemeene gezichtspunten naar voren brengen.

Koude en warme admittanties van een versterkerbuis

De ingangsklemmen van een versterkerbuis worden gevormd door kathode en stuurrooster, de uitgangsklemmen door kathode en anode. Wanneer de kathode niet verwarmd is, dan bestaat in beide gevallen geen directe geleidende verbinding tusschen de klemmen, indien we tenminste van isolatielekken kunnen afzien, resp. de invloed hiervan op de admittanties aftrekken. Indien we in dit artikel van een bepaalde admittantie spreken dan bedoelen wij altijd *de waarde, welke overblijft, nadat de aan de koude buis gemeten isolatielekken en diëlectrische verliezen afgetrokken zijn.* De admittanties zullen dan bij een koude buis in de eerste plaats door capacitieve geleidbaarheden tusschen de electroden gevormd worden. In de tweede plaats kunnen inductieve en Ohmsche weerstanden van de toevoerdraden een rol spelen. Deze weerstanden liggen in serie met de capacitieve weerstanden

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

tusschen de electroden en zijn bij omroepfrequenties zeer veel kleiner, zoodat wij de invloed daarvan in eerste benadering kunnen verwaarloozen. Het vervangingsschema van de koude buis [1]) wordt dan weergegeven door *fig. 1a.*

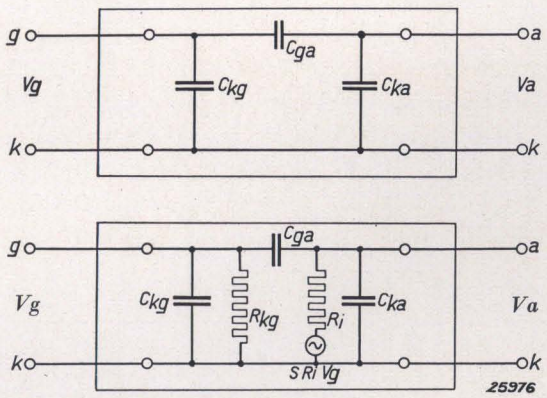


Fig. 1. a) Vervangingsschema van een koude versterkerbuis. De ingangsadmittantie is bepaald door C_{kg}, de uitgangsadmittantie door C_{ka}, steilheid en terugwerking zijn gegeven door de capaciteit C_{ga}.

b) Vervangingsschema van een warme versterkerbuis. Naar het rooster en naar de anode loopen stroomen, beide gestuurd door en in phase met de roosterspanning. Dit uit zich door een weerstand R_{kg}, over de ingangsklemmen, en door een weerstand R_i met een EMK van de spanning $S\ R_i\ v_g$ in serie over de uitgangsklemmen.

Wanneer de buis in bedrijf wordt gesteld, blijven rooster en anode niet meer van de kathode geisoleerd, maar kunnen electronen overgaan tusschen de kathode en de andere electroden. Voor de ingangs- en uitgangsadmittanties C en B beteekent dit, dat nu Ohmsche geleiding mogelijk is en dus parallel aan de condensatoren zekere weerstanden komen te liggen. Bovendien zal de grootte van de ingangscapaciteit door de aanwezigheid van electronen in de ruimte tusschen kathode en rooster iets veranderen, waarop reeds eerder in dit tijdschrift werd gewezen [2]). De invloed op de steilheid A en op de terugwerkingsadmittantie D is niet zoo gemakkelijk door electrische schakelelementen aan te duiden. Feitelijk wordt de terugwerking nauwelijks veranderd, terwijl de steilheid een groote Ohmsche componente S_0 verkrijgt, doordat de electronenstroom naar de anode zeer sterk en in phase beinvloed wordt door de roosterspanning.

[1]) In deze vorm geldt het vervangingsschema voor een triode. Het kan echter ook voor lampen met meer electroden gebruikt worden, indien wij aannemen, dat alle electroden, behalve het stuurrooster en de anode, voor wisselspanning kortgesloten zijn t.o.v. de kathode. Onder C_{kg} resp. C_{ka} is dan te verstaan de capaciteit van het stuurrooster resp. de anode t.o.v. alle electroden, die met de kathode verbonden zijn.

[2]) C. J. Bakker. Eenige eigenschappen van ontvanglampen bij korte golven. Philips techn. T. **1**, 171, 1936.

Het vervangingsschema van de buis in bedrijfstoestand is in fig. 1*b* weergegeven en toegelicht.

Samenvattend kunnen we nu de vier karakteristieke admittanties van een versterkerbuis voor niet te hooge frequenties als volgt uitdrukken:

$$\left.\begin{aligned}&\text{Steilheid: } A = j\omega C_{ga} + S_0.\\&\text{Uitgangsadmittantie: } B = j\omega\,(C_{ka} + C_{ga}) + 1/R_i.\\&\text{Ingangsadmittantie: } C = j\omega\,(C_{kg} + C_{ga}) + 1/R_{kg}.\\&\text{Terugwerkingsadmittantie: } D = j\omega\,C_{ga}.\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (2)$$

Practisch wordt het schema nog iets eenvoudiger, omdat men het stuurrooster meestal zoo sterk negatief maakt, dat vrijwel geen electronen tusschen kathode en stuurrooster overgaan. De weerstand R_{kg} wordt dan oneindig groot en kan vervallen.

Oorzaken en aard van de frequentie-afhankelijkheid der admittanties

Bij golflengten van minder dan enkele tientallen meters blijken de vergelijkingen (2) voor de karakteristieke admittanties niet meer op te gaan. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen.

Een ervan werd reeds opgemerkt: Wij hebben verondersteld, dat de inductieve impedanties van de toevoerdraden klein zijn ten opzichte van de capacitieve impedanties tusschen de electroden. Met toenemende frequentie nemen echter de capacitieve impedanties af en de inductieve impedanties toe, zoodat de genoemde onderstelling beneden een bepaalde golflengte moet falen. Bij de gebruikelijke afmetingen van versterkerbuizen worden de inductieve en capacitieve impedanties voor een golflengte van ongeveer één of enkele meters van dezelfde orde van grootte.

De tweede oorzaak is de eindige looptijd van de electronen. Reeds eerder [2]) werd in dit tijdschrift aangetoond, dat een aanzienlijke vergrooting van het reëele gedeelte van de ingangsadmittantie optreedt voor frequenties, waarvan de trillingstijd niet meer groot blijft ten opzichte van de looptijd der electronen tusschen kathode en stuurrooster. Verder is duidelijk, dat ook de steilheid in dit frequentiegebied door de looptijd beinvloed zal worden, want de anodestroom zal tengevolge van de looptijd in phase achter blijven bij de roosterspanning, zoodat inplaats van de reëele verhouding S_0 tusschen beiden een complexe grootheid moet treden. Voor de uitgangsadmittantie en de terugwerkingsadmittantie is de invloed van de eindige

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

loopsnelheid minder belangrijk, zooals nog later zal worden aangetoond.

Om al deze verschijnselen op een uniforme wijze te kunnen behandelen, willen we nagaan, hoe een admittantie in het algemeen van de frequentie afhangt.

Wanneer de invloed van de frequentie op de admittanties bepaald is door capaciteiten, inductiviteiten en looptijden, dan kan de frequentie in de formules alleen in de combinatie $j\omega$ optreden. Behalve door deze combinatie kan de imaginaire eenheid j in de formules voor de admittanties niet voorkomen. Wij kunnen een willekeurige admittantie Y in een reeks volgens Taylor ontwikkelen:

$$Y = Y_0 + (j\omega)\, Y_1 + (j\omega)^2\, Y_2 + (j\omega)^3\, Y_3 + \cdots$$

In deze formule zijn de grootheden Y_0, Y_1 enz. reëel. Wanneer we nu Y in een reëel deel en een imaginair deel splitsen, is

$$\mathrm{Re}\,(Y) = Y_0 - \omega^2 Y_2 + \cdots$$
$$\mathrm{Im}\,(Y) = j\omega(Y_2 - \omega^2\, Y_3 + \cdots)$$

We kunnen het reëele gedeelte van de admittantie gelijkstellen aan een reciproke weerstand. Het van de frequentie afhankelijke gedeelte van deze reciproke weerstand is dan in de eerste benadering evenredig met het kwadraat van de frequentie. Het imaginaire gedeelte van Y kan voorgesteld worden als veroorzaakt door een capaciteit. Het van de frequentie afhankelijke gedeelte van deze capaciteit is dan in eerste benadering eveneens evenredig met het kwadraat van de frequentie.

Deze benadering geeft het gedrag van radiolampen voor frequenties tot 60 MHz (5 meter) voldoende nauwkeurig weer. M.a.w. wanneer wij de karakteristieke admittanties volgens verg. (2) aangegeven, dan zullen wij vinden, dat de capaciteiten en reciproke weerstanden niet constant zijn, maar ieder, behalve de constante, een term bevatten, die evenredig is met het kwadraat van de frequentie.

We laten nu een bespreking volgen van de vier admittanties afzonderlijk.

De steilheid A

De meting van de steilheid gebeurt door op het rooster van de te meten versterkerbuis een kleine wisselspanning te zetten en door tusschen rooster en anode een admittantie te plaatsen, waarvan het reëele en het imaginaire gedeelte veranderlijk zijn. Door deze admittantie zoo in te stellen, dat de wisselstroom in de anodeleiding = 0 is, hetgeen steeds bereikt kan worden, is de meting van de steilheid teruggebracht tot het bepalen van een complexe admittantie. Het blijkt, dat bij phasehoeken tusschen 0 en 90° als admittantie een verstemde kring kan worden genomen. De meting van de modulus en de phasehoek hiervan levert geen moeilijkheden op.

Voor lage frequenties mag de steilheid van een buis als reëel worden beschouwd. De imaginaire componente $j\omega C_{ga}$ (zie verg. 2) is vooral bij schermroosterlampen zeer klein en volstrekt te verwaarloozen ten opzichte van de door de electronenstroom veroorzaakte reëele componente van de steilheid.

Bij korte golven zal de electronenstroom een zekere tijd noodig hebben om van de kathode naar de anode te gaan. Een eenvoudige schatting van de looptijden kunnen wij verkrijgen door het geval te beschouwen van een homogeen veld tusschen twee vlakke platen a en b met een onderlinge afstand d, die resp. de spanning V_a en V_b ten opzichte van de kathode hebben. De snelheid v van het electron is op ieder punt tusschen de platen bepaald door de wet van behoud van energie:

$$\frac{m}{2} v^2 = eV.$$

De looptijd van het electron tusschen a en b volgt hieruit:

$$t_{ab} = \int_0^d \frac{\mathrm{d}x}{v} = \sqrt{\frac{m}{2e}} \int_0^d \frac{\mathrm{d}x}{\sqrt{V}}.$$

Nu is voor een homogeen veld:

$$\frac{\mathrm{d}x}{d} = \frac{\mathrm{d}V}{V_b - V_a}$$

en dus

$$t_{ab} = \sqrt{\frac{m}{2e}}\, \frac{d}{V_b - V_a} \int_{V_a}^{V_b} \frac{\mathrm{d}V}{\sqrt{V}} = \frac{2d\sqrt{\frac{m}{2e}}}{\sqrt{V_b} + \sqrt{V_a}}.$$

De waarde van e/m bedraagt $17{,}6 \cdot 10^{14}$ cm^{2}sec^{-2} volt^{-1}. Onderstelt men bijv. $V_b = 0$, $V_a = 250$ V, $d = 0{,}5$ cm, wat ongeveer zou kunnen voorstellen de toestand tusschen het vangrooster en de anode van een penthode, dan vindt men:

$$t_{ab} = \frac{2 \cdot 0{,}5\, \sqrt{1/35{,}2 \cdot 10^{-7}}}{\sqrt{250}} = 1{,}07 \cdot 10^{-9} \text{ sec.}$$

Op deze wijze kan men de looptijden tusschen alle electroden berekenen. Telt men deze bij elkaar op dan verkrijgt men de totale looptijd t_{ka}. De looptijd heeft, zooals reeds opgemerkt, het gevolg, dat de steilheid bij golflengten van enkele meters, waarbij de frequentie niet meer zeer klein is ten opzichte $1/t_{ka}$, een complexe waarde verkrijgt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

In plaats van de reëele en de imaginaire componente kunnen wij ook de modulus en de phase van de steilheid als functie van de frequentie beschouwen; en deze wijze van beschrijven is hier eenvoudiger, want het blijkt proefondervindelijk, dat de modulus van de steilheid vrijwel onveranderd blijft en de van de looptijd afkomstige phasehoek φ_t evenredig met de frequentie verandert. Men vindt, dat de looptijden tusschen verschillende electroden niet alle evenredig tot de phaseverschuiving bijdragen.

Men berekent voor een triode:

$$\varphi_t = -\,\omega(0{,}36\; t_{kg_1} + 2/3\; t_{g_1 a}) \quad \cdots\cdots \quad (3a)$$

en voor een penthode:

$$\varphi_t = -\,\omega(0{,}36\; t_{kg_1} + t_{g_1 g_2} + t_{g_2 g_3} + 2/3\; t_{g_3 a}) \quad (3b)$$

In deze formules is t_{kg_1} de looptijd der electronen tusschen kathode en stuurrooster, $t_{g_1 g_2}$ de looptijd tusschen stuurrooster en schermrooster, $t_{g_2 g_3}$ de looptijd tusschen schermrooster en vangrooster, $t_{g_3 a}$ de looptijd tusschen vangrooster en anode.

Dat de coëfficient voor ωt_{kg_1} kleiner dan 1 is, is als volgt te begrijpen: Als een sinusvormige wisselspanning v_g op het stuurrooster alleen maar bepaalde, hoeveel wisselstroom de kathode verliet, dan zou door het stuurrooster de stroom $S_k\, v_g\, e^{-j\omega t_{kg_1}}$ treden, die dus in phase achter blijft bij v_g. Maar bovendien varieert door de wisselspanning op het stuurrooster de looptijd periodiek met de tijd en ook door dit effect treedt een wisselstroom door het stuurrooster op. Deze laatste stroom blijkt ongeveer 90° vóór te zijn ten opzichte van de roosterspanning. Het gevolg is, dat de resulteerende wisselstroom, die door het rooster treedt een phasehoek heeft, die kleiner is dan ωt_{kg_1}. Een nadere berekening levert $\varphi = 0{,}36\; \omega t_{kg_1}$.

Dat de coëfficiënt voor $\omega t_{g_3 a} < 1$ is, is als volgt in te zien. Als een electron door het 3e rooster treedt, bevindt zich een even groote positieve beeldlading op het derde rooster. Wanneer het electron naar de anode loopt, stroomt deze beeldlading langzamerhand van het 3e rooster naar de anode, zoodat, wanneer het electron op de anode is aangekomen, zich ook juist de geheele beeldlading op de anode bevindt. In de anodeleiding loopt dus stroom, zoolang het electron zich tusschen 3e rooster en anode bevindt. Wanneer alleen maar stroom in de anodeleiding liep als het electron op de anode was aangekomen, zou de coëfficiënt van $\omega t_{g_3 a}$ de waarde 1 bezitten, nu evenwel stroom loopt, zoolang het electron onderweg is van 3e rooster naar anode zal deze coëfficiënt kleiner dan 1 zijn. Een nauwkeurige berekening leert, dat de coëfficient de waarde $^2/_3$ moet hebben, wanneer het electron het 3e rooster met kleine snelheid passeert.

Om tenslotte in te zien, dat in de vergelijking voor de penthode de termen $\omega t_{g_1 g_2}$ en $\omega t_{g_2 g_3}$ met de coëfficient 1 optreden, moeten we veronderstellen, dat de electroden elkander zoo goed afschermen, dat de door een verandering van de stuurroosterspanning opgewekte stroom in de anodeleiding eerst begint te vloeien, wanneer het electron zich tusschen vangrooster en anode bevindt. De looptijd tusschen stuurrooster en vangrooster komt dan volledig in de phaseverschuiving tot uiting.

De looptijd is echter niet de eenige oorzaak voor een phaseverschuiving tusschen de anodestroom en de roosterspanning. Men kan inzien, dat de zelfinductie van de kathodeleiding ook een dergelijk effect heeft. Wanneer tusschen het rooster en de uitwendige aansluitpen van de kathode een wisselspanning v_g staat, dan loopt door de toevoerleiding van de kathode een stroom

$$i_k = S_k\, v_g.$$

Deze stroom ondervindt in de toevoerdraad een inductieve weerstand, overeenkomende met een tegenspanning

$$i_k\, j\omega\, L_k = j\omega\, S_k L_k v_g.$$

De spanning tusschen het rooster en de kathode zelf wordt dus:

$$v_g' = v_g\; (1 - j\omega\, S_k L_k) \quad \cdots\cdots \quad (4)$$

en indien $\omega\, S_k L_k \ll 1$ is, beteekent dit, dat de anodestroom een phasehoek $\omega\, S_k L_k$ achter is bij de uitwendig aangelegde stuurspanning.

De totale phaseverschuiving verkrijgt men bij voldoende benadering door de twee resultaten op te tellen. Dus voor een triode:

$$\varphi = -\,\omega\, S_k L_k - \omega\; (0{,}36\; t_{kg_1} + 2/3\; t_{g_1 a}) \cdot \quad (5a)$$

en voor een penthode

$$\varphi = -\,\omega\, S_k L_k - \omega\; (0{,}36\; t_{kg_1} + t_{g_1 g_2} + t_{g_2 g_3} + 2/3\; t_{g_3 a}) \quad \cdots \quad (5b)$$

Verg. (5a) en (5b) werden getoetst door metingen aan een penthode van het type AF7. De gemeten waarden bij 9,1 m golflengte zijn:

als penthode bij 3 mA anodestroom:

$$|S| = 2{,}69 \text{ mA/V}; \quad \varphi = -\,22°;$$

als triode bij 4 mA anodestroom:

$$|S| = 3{,}82 \text{ mA/V}; \quad \varphi = -\,6°.$$

Bij de meting als triode waren anode, vangrooster en schermrooster onderling verbonden; bij de meting als penthode waren schermrooster en vangrooster via groote condensatoren met de kathode verbonden. Voor zeer lage frequentie vonden we $S_0 = 2{,}7$ mA/V voor de penthode-schakeling en $S_0 = 3{,}8$ mA/V voor de triode-schakeling.

We kunnen in de eerste plaats opmerken, dat de modulus van de steilheid bij 9,1 m binnen de meetfout gelijk is aan de statische waarde. De gemeten phasehoeken willen we nu vergelijken met de waarden, die we uit verg. (5a) en (5b) kunnen berekenen. We vonden:

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

$S_k = 3{,}8$ mA/V en L_k ongeveer $5 \cdot 10^{-8}$ H. Voorts is:

Triode		Penthode		
t_{kg_1}	=	t_{kg_1}	= $0{,}77 \cdot 10^{-9}$	sec,
t_{ga}	=	$t_{g_1g_2}$	= $0{,}26 \cdot 10^{-9}$	sec,
		$t_{g_2g_3}$	= $0{,}49 \cdot 10^{-9}$	sec,
		t_{g_3a}	= $0{,}75 \cdot 10^{-9}$	sec,
S_kL_k	=	S_kL_k	= $0{,}19 \cdot 10^{-9}$	sec.

Hieruit volgt bij 9,1 m golflengte voor de phasehoeken:

	gemeten	berekend
als triode	− 6°	− 7,5°
als penthode	− 22°	− 20,5°

Deze goede overeenstemming trad ook bij metingen aan andere buizen op, zoodat de gegeven verklaring voor de phasehoek van de steilheid als volledig beschouwd mag worden, waarmee tevens het bewijs is geleverd, dat de frequentie-afhankelijkheid van de phasehoek van de steilheid door de formules (5a) en (5b) goed is weergegeven.

De beteekenis van de phasehoek van de steilheid

De phasehoek van de steilheid is van belang in al die gevallen, waarbij een gedeelte van de versterkte spanning naar de ingangsketen wordt teruggekoppeld om de demping daarvan te verminderen, of om oscillaties op te wekken. Indien de teruggekoppelde spanning niet in phase is met de ingangsspanning, dan wordt door het terugkoppelen niet alleen de demping van de ingangsketen beinvloed, maar ook zijn resonantie-frequentie. Een groote phasehoek van de steilheid zal daardoor bij een oscillator een ongunstige invloed hebben op de stabiliteit van de gegenereerde frequentie ten opzichte van variaties van de voedingsspanning.

De phasehoek van de steilheid kan ook van belang zijn in gevallen, waar niet opzettelijk terugkoppeling wordt toegepast, bijv. in hoogfrequentversterkers. Tengevolge van de capaciteit tusschen stuurrooster en anode kan nl. ook hier een (ongewenschte) terugkoppeling optreden. De phasehoek van de steilheid kan dan de neiging tot oscilleeren van een hoogfrequentversterkertrap vergrooten.

De uitgangsadmittantie B

De meting van de uitgangsadmittantie gebeurt in principe als volgt: Men schakelt de uitgangszijde van een lamp (kathode, anode) parallel aan een kring, waarvan de impedantie in de afgestemde toestand bekend is. De kring wordt dan verstemd door het capacitieve en gedempt door het Ohmsche gedeelte van de uitgangsadmittantie. Uit de verstemming kan men de uitgangscapaciteit bepalen en door de kring opnieuw af te stemmen en de nieuwe demping te bepalen verkrijgt men de uitgangsparallelweerstand.

Als resultaat van dergelijke bepalingen vindt men, dat de uitgangscapaciteit nauwelijks met de frequentie verandert, terwijl het reëele gedeelte van de uitgangsadmittantie als functie van de frequentie boven 10 MHz (30 m) aanzienlijk toeneemt en wel evenredig met ω^2, zooals blijkt uit de in *fig. 2* weergegeven meetresultaten aan een penthode EF6. De uitgangsparallelweerstand van de lamp EF6 is bij lage frequentie 2 MΩ, bij 60 MHz (5 m) slechts 85 000 Ω.

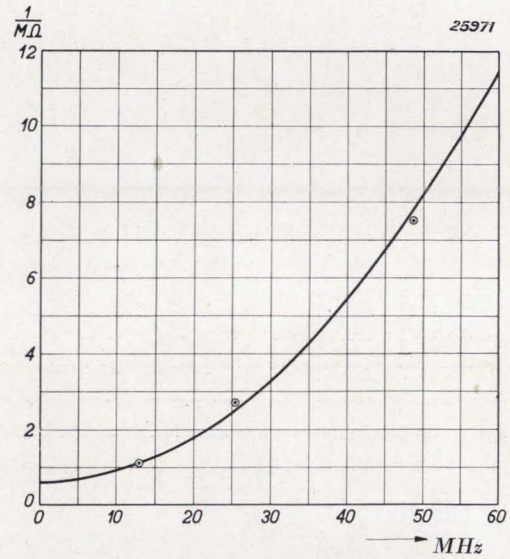


Fig. 2. Het reëele gedeelte van de uitgangsadmittantie van een EF6 uitgezet tegen de frequentie. Punten gemeten. De getrokken kromme is gegeven door de formule

$$\frac{1}{R} = (0{,}60 + 0{,}30 \cdot 10^{-2}\nu^2).\ (\text{M}\Omega)^{-1},\ \text{waarbij } \nu \text{ in MHz.}$$

We zien, dat de punten goed op de quadratische kromme liggen. Voor lage frequenties is R gelijk aan de inwendige weerstand van de lamp, die van de orde van grootte van 2 MΩ is.

Teneinde te onderzoeken, of de looptijden der electronen bij buizen van een type, als bijv. EF6 een rol spelen bij de uitgangsadmittantie op korte golflengten, willen we even nagaan, wat er in de ruimte tusschen vangrooster en anode gebeurt. We zetten op de anode een kleine wisselspanning v_a en vragen naar de hierdoor veroorzaakte wisselstroom i_a naar de anode. Wanneer we de inwendige weerstand als oneindig groot beschouwen, dan treedt alleen gelijkstroom door het vangrooster. Tusschen het vangrooster en de anode ontstaat echter een wisselstroom, doordat de looptijd varieert met de tijd. Het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

is duidelijk, dat de hierbij hoorende admittantie i_a/v_a evenredig is met de gelijkstroom, die door het vangrooster treedt. Indien deze admittantie een reëel gedeelte, dus een demping, bevat, dan moet ook deze evenredig zijn met de stroom.

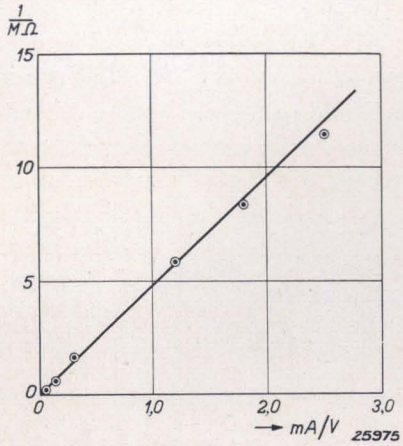


Fig. 3. Waarden van $1/R$ als functie van de steilheid S in mA/V voor de lamp AF3. Zooals de theorie vereischt, liggen de meetpunten (cirkels) op een rechte lijn. Golflengte 8,0 m.

Dit is experimenteel op de proef gesteld. De afmetingen van 3e rooster en anode zijn bij de penthoden AF3 en AF7 volkomen gelijk. Ook de uitgangsdempingen verschillen weinig: Bij 8,0 m was de uitgangsdemping van de AF3 = 7,7 $(M\Omega)^{-1}$, en van de AF7 = 8,7 $(M\Omega)^{-1}$. Het verschil van de anodestroom is echter veel grooter: Bij de AF3 is de anodestroom in het werkpunt 8 mA en bij de AF7 slechts 3 mA. Hieruit blijkt wel, dat de looptijd der electronen tusschen 3e rooster en anode geen belangrijke rol kan spelen bij de anodeparallelweerstand.

Er moet dus nog een andere oorzaak zijn. De geleidbaarheid, die overeenkomt met de statisch gemeten inwendige weerstand, bedraagt voor beide lampen slechts ongeveer 0,5 $(M\Omega)^{-1}$ en komt dus hiervoor niet in aanmerking. Het grootste gedeelte van de uitgangsdemping is afkomstig van de zelfinducties en wederzijdsche inducties der toevoerleidingen en de capaciteiten tusschen de electroden van de buis. Zet men nl. een wisselspanning op de anode, dan vloeien door de capaciteiten tusschen anode en vangrooster, anode en schermrooster enz. wisselstroomen naar schermrooster en vangrooster en dan via de toevoerleidingen naar aarde. Door de wederzijdsche inductie van deze toevoerleidingen met de kathodeleiding komt er een geringe wisselspanning over de toevoerleiding van de kathode in de buis naar de kathode-aansluitpen te staan en deze wisselspanning staat dus ook tusschen stuurrooster en kathode. Ze wordt in de buis versterkt naar de anode teruggebracht en hierdoor kan demping optreden. Metingen hierover zijn gedaan aan een AF3, waar de capaciteit C_{g_3a} tusschen anode en 3e rooster en de wederzijdsche inductie M_{kg_3} tusschen de leidingen naar 3e rooster en naar kathode de hoofdrol spelen. Uit bovenstaande redeneering volgt de formule:

$$\frac{1}{R} = \omega^2 S C_{g_3a} M_{kg_3},$$

waarbij S de steilheid van de buis is.

In *fig. 3* zijn de bij 8,0 m golflengte gemeten waarden van $1/R$ voor de AF3 uitgezet tegen de steilheid S van de buis. Uit het lineaire verband tusschen $1/R$ en S en bij de plausibele onderstelling, dat $C_{g_3a} = 3{,}5$ $\mu\mu$F is, volgt voor M_{kg_3} de waarde 24×10^{-9} H, hetgeen een waarschijnlijke orde van grootte is. Hieruit is ook te verklaren, waarom de AF3 en de AF7 ongeveer gelijke anodeparallelweerstand hebben, want ze hebben dezelfde waarden C_{g_3a} en M_{kg_3}, terwijl de steilheden in de werkpunten ook niet veel verschillen.

De ingangsadmittantie C

De meting van de ingangsadmittantie gebeurt volgens hetzelfde principe als die van de uitgangsadmittantie.

In *fig. 4* is het resultaat van een dergelijke

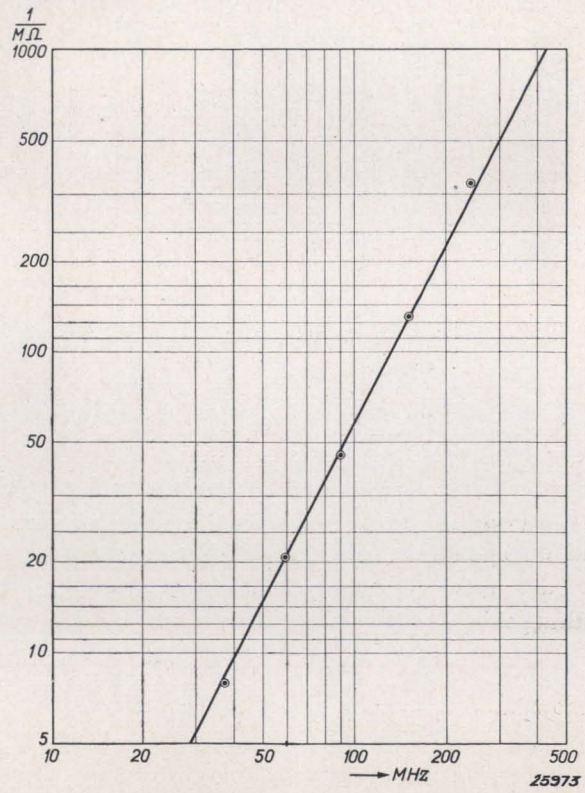


Fig. 4. Ingangsparallelweerstand van een penthode als functie van de frequentie. Horizontaal is uitgezet de frequentie in MHz, verticaal de ingangsdemping in $(M\Omega)^{-1}$. We zien hieruit, dat de ingangsparallelweerstand quadratisch met de frequentie verloopt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

bepaling weergegeven. Het reële gedeelte van de ingangsadmittantie is in dubbellogarithmische coördinaten uitgezet tegen de frequentie. Deze kromme toont aan, dat de zoo gedefinieerde ingangsparallelweerstand tot zeer korte golven evenredig met het kwadraat van de golflengte verloopt, hetgeen bewijst, dat hoogere machten van ω in de reeksontwikkeling practisch geen rol spelen.

Het reële gedeelte van de ingangsadmittantie is ook hier weer aan twee essentieel verschillende oorzaken toe te schrijven en bestaat uit twee termen $1/R_t$ en $1/R_{LC}$, die resp. afkomstig zijn van de looptijd der electronen en van inductiviteiten in de buis samen met de capaciteit tusschen rooster en kathode:

$$\frac{1}{R_{kg}} = \frac{1}{R_t} + \frac{1}{R_{LC}} .$$

Voor het van de looptijd afhankelijke gedeelte werd reeds eerder in dit tijdschrift de formule afgeleid:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{20} f \cdot S_k \cdot (\omega t_{kg})^2 \quad \cdots \quad (6)$$

Hierin is t_{kg} de looptijd der electronen tusschen kathode en stuurrooster en f een factor, gewoonlijk van de orde van 2, die afhangt van de looptijd der electronen tusschen stuurrooster en anode (of schermrooster, indien we met tetrodes of penthodes te maken hebben).

Bij de beschouwing van de invloeden der verschillende inductiviteiten op de reële ingangsadmittantie blijkt, dat de zelfinductie L_k van de kathode-toevoerleiding de belangrijkste rol speelt. Men vindt voor de bijdrage van deze zelfinductie tot $1/R_{kg}$ de formule:

$$\frac{1}{R_{LC}} = \omega^2 S_k L_k C_{kg_1}, \quad \cdots \quad (7)$$

waarbij C_{kg_1} de capaciteit tusschen stuurrooster en kathode is.

Verg. (7) is als volgt af te leiden. Zooals reeds boven (verg. 4) werd aangetoond, verschilt de phase van de spanning tusschen kathode en rooster van die der uitwendig aangelegde stuurspanning en bedraagt:

$$v_g' = v_g \, (1 - j\omega S_k L_k). \quad \cdots \quad (4)$$

Deze spanning is aangesloten op de capaciteit C_{kg_1} tusschen rooster en kathode. De stroom naar het rooster is dientengevolge:

$$i_g = v_g \, (1 - j\omega S_k L_k) \, j\omega C_{kg_1},$$

waaruit volgt, dat hierdoor een ingangsadmittantie gegeven is van:

$$\frac{i_g}{v_g} = j\omega C_{kg_1} + \omega^2 S_k L_k \, C_{kg_1},$$

in overeenstemming met verg. (7).

Scheiding van de invloeden van looptijden en inductiviteiten op de ingangsadmittantie

De formules (6) en (7) voor de door looptijden en inductiviteiten veroorzaakte ingangsparallelweerstand vertoonen veel overeenkomst. Teneinde deze overeenkomst nog duidelijker te doen uitkomen beschouwen we de trillingstijd T_{kg_1} van de wisselstroom, waarvoor de zelfinductie van de kathode-toevoerdraad en de capaciteit tusschen kathode en rooster in resonantie staan. Deze trillingstijd bedraagt:

$$T_{kg_1} = 2\pi \sqrt{L_k \, C_{kg_1}}$$

en door deze waarde in verg. (7) in te voeren volgt

$$\frac{1}{R_{LC}} = \frac{1}{4\pi^2} S_k \, (\omega T_{kg_1})^2,$$

hetgeen formeel sterk gelijkt op het looptijd-effect:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{f}{20} S_k \, (\omega t_{kg_1})^2 .$$

Zooals reeds opgemerkt, treden de resonanties in de lamp meestal op bij golflengten tusschen 1 en 2 m, dus bij trillingstijden van 3 à $6 \cdot 10^{-9}$ sec. Nu zijn de looptijden van de electronen tusschen kathode en rooster ook juist van deze orde van grootte, zoodat de beide dempingsoorzaken practisch ongeveer even belangrijk zullen zijn.

Een experimenteele scheiding van beide invloeden op de ingangsdemping is mogelijk door de demping te vergelijken van een enkel systeem met die van twee parallel geschakelde systemen met gemeenschappelijke toevoerdraden (zie röntgenfoto's *fig. 5*).

Bij het verdubbelen van de buis wordt de steilheid verdubbeld en hierdoor de $1/R_t$, want de overige grootheden in verg. (6) blijven ongewijzigd. Het inductie-aandeel (verg. 7) wordt echter verviervoudigd, want het is niet alleen evenredig met de steilheid, maar ook met de capaciteit C_{kg_1}, die eveneens verdubbeld wordt. Noemen we de ingangsparallelweerstand van de enkelvoudige en de dubbele buis resp. R_e en R_d, dan is:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_{LC}} + \frac{1}{R_t},$$

$$\frac{1}{R_d} = \frac{4}{R_{LC}} + \frac{2}{R_t},$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

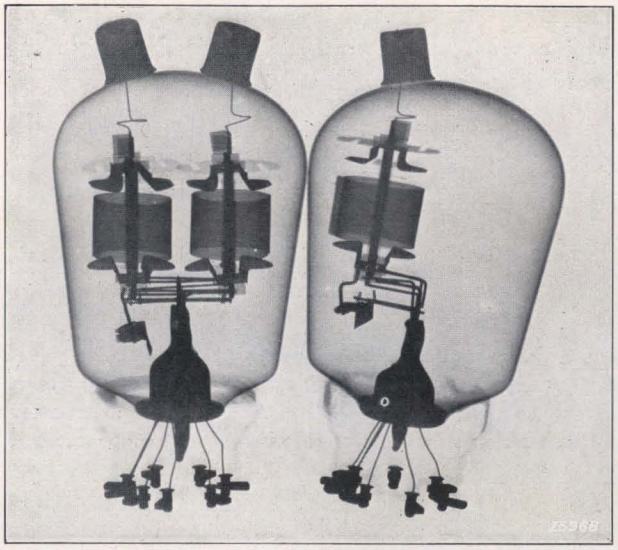


Fig. 5. Röntgenfoto van een enkele en een dubbele penthode (type EF5) voor de scheiding der oorzaken van de ingangsdemping op korte golflengten.

en hieruit volgen de beide ingangsparallelweerstanden R_{LC} en R_t:

$$\frac{1}{R_{LC}} = \frac{1}{2R_d} - \frac{1}{R_e},$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{2}{R_e} - \frac{1}{2R_d}.$$

Tabel I geeft enkele op deze wijze verkregen meetresultaten.

Tabel I. Metingen van de ingangsdemping van drie proeflampen bij 7 m golflengte.

Lamp No.	electrode afstanden k-g_1	electrode afstanden g_1-g_2	S_k	R_t	R_{LC}	$\frac{1}{R_{LC}} : \frac{1}{R_t}$
	mm	mm	mA/V	Ω	Ω	
1	0,10	0,30	18	60000	600	100
2	0,20	0,76	2,3	27000	46000	0,60
3	0,35	2,10	1,9	11000	39000	0,28

Met toenemende afstand tusschen de electroden wordt het aandeel van de looptijden aan de totale demping steeds grooter, omdat de looptijd toeneemt en de capaciteit C_{kg_1} afneemt.

De lamp No. 1 heeft in verband met haar zeer groote steilheid een buitengewoon lange kathode, die een betrekkelijk groote capaciteit tegen het stuurroooster heeft; dientengevolge en tengevolge van de hooge steilheid is de dempingsweerstand R_{LC} hier veel kleiner dan bij normale versterkerbuizen.

Beteekenis van de ingangsimpedantie

Bij een versterkertrap, waarbij in de roosterleiding een afgestemde kring is opgenomen, komt de ingangsparallelweerstand over de kring te staan, die daardoor gedempt wordt. Hierdoor kan de versterking aanzienlijk achteruitgaan. Wanneer meerdere gelijke versterkertrappen achter elkaar worden geschakeld staat over de kring in de anodeleiding steeds de ingangsweerstand van de volgende lamp. Parallel hiermee is de uitgangsweerstand van de lamp geschakeld. Deze is echter bij alle frequenties zeer veel grooter dan de ingangsweerstand, zoodat hij de demping practisch niet beinvloedt. De grootst mogelijke weerstand in de anodeleiding is dus de ingangsparallelweerstand R_{kg} en de grootst mogelijke anodewisselspanning wordt derhalve

$$v_a = i_a R_{kg} = v_g S R_{kg}.$$

Bij zeer hooge frequenties kan het product $S R_{kg}$ kleiner dan 1 worden; dan is geen versterking meer mogelijk. Hieruit blijkt, hoe belangrijk het is, dat de ingangsweerstand zoo groot mogelijk is. Voor zeer korte golven zijn daarom lampen ontworpen met zeer kleine afmetingen en zeer korte toevoerdraden naar de verschillende electroden, waardoor zoowel de invloed van looptijden als de invloed van inducties zooveel mogelijk wordt vermeden. De in fig. 4 weergegeven metingen hebben betrekking op een dergelijke lamp. Aangezien deze een steilheid van 1,5 mA/V heeft, volgt uit fig. 4, dat bij 1 m golflengte nog een versterking met een factor 2 bereikt kan worden.

De terugwerkingsadmittantie D

De terugwerkingsadmittantie kan gemeten worden door een bekende wisselspanning op de anode te zetten en tusschen stuurrooster en kathode een afgestemde kring te schakelen, waarvan de impedantie bekend is. Uit de meting van de wisselspanning, die over deze kring optreedt, kan de terugwerkingsadmittantie worden afgeleid.

Metingen van de terugwerkingsadmittantie leveren geen belangrijk verschil op voor een koude buis en voor een warme buis. Hieruit blijkt, dat de electronen voor deze admittantie nauwelijks een rol spelen. Men vindt verder, dat deze admittantie ook bij zeer hooge frequenties zuiver imaginair blijft en in overeenstemming met onze algemeene overwegingen kan worden aangegeven door

$$D = j\omega C_{ga}' = j\omega(C_{ga} - K\omega^2), \quad \cdots \quad (8)$$

waarbij K meestal positief is. K hangt af van de zelfinducties en wederzijdsche inducties der toevoerleidingen en van de lampcapaciteiten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

In *fig. 6* is de aan een penthode AF3 gemeten waarde van C_{ag}' uitgezet tegen de frequentie. Door de gemeten punten is zoo goed mogelijk een kwadratische kromme gelegd; wij zien, dat deze goed aansluit.

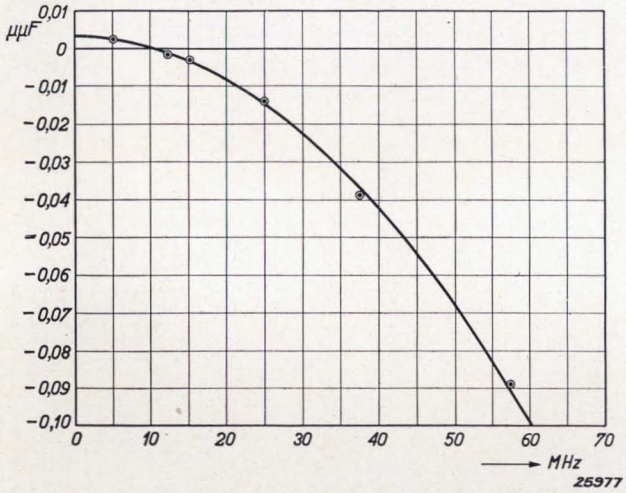


Fig. 6. De capaciteit C_{ga} van een AF3 uitgezet als functie van de frequentie. Punten gemeten, de getrokken kromme is gegeven door de formule: $C_{ga}' = (0{,}0030-0{,}285\times10^{-4}\nu^2)$ $\mu\mu$F waarbij ν in MHz. We zien, dat de gemeten punten zeer goed op de quadratische kromme liggen, in overeenstemming met formule (8).

Het veranderlijke gedeelte van de terugwerkingscapaciteit is als volgt te verklaren. Wanneer op de anode een hoogfrequente wisselspanning v_a staat, loopen via de capaciteiten C_a van de lamp stroomen naar de verschillende electroden. Tengevolge van de zelfinducties en wederzijdsche inducties der toevoerleidingen komen wisselspanningen op deze electroden te staan en tengevolge van de capaciteit C_g tusschen deze electroden en het rooster vloeien stroomen naar het rooster. Noemen we de gemiddelde inductiviteit (zelfinductie of wederzijdsche inductie) van de bij dit proces betrokken toevoerleidingen M, dan kan men voor de stroomsterkte in eerste benadering schrijven:

$$i_g = v_a \cdot j\omega C_a \cdot j\omega M \cdot j\omega C_g = v_a \cdot j\omega\,(-C_a M\, C_g\omega^2),$$

hetgeen met verg. (8) overeenkomt.

Dat deze voorstelling van zaken juist is, bleek wel uit het feit, dat het mogelijk was, door het aanbrengen van een geschikt gekozen wederzijdsche inductie tusschen de toevoerleidingen naar het schermrooster en naar de anode de term $K\omega^2$ volledig te compenseeren. In *fig. 7* is de schakeling hiervoor geteekend.

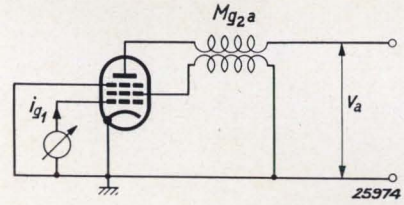


Fig. 7. Compensatie van de terugwerking op ultrakorte golven met behulp van een wederzijdsche inductie M_{g_2a} tusschen anode- en schermroosterleiding. M_{g_2a} wordt zoo gekozen, dat de term met ω^2 in form. (8) volkomen gecompenseerd is.

Verg. (8) is een benadering, die slechts geldt, zoolang men ver verwijderd is van resonanties in de lamp. Is dit niet meer het geval, dan kan de terugwerkingsadmittantie zeer groot worden. Om dit te verduidelijken is in *fig. 8* een vervangingsschema gegeven voor het geval, dat de zelfinductie L_{g_2} van de toevoerleiding naar het schermrooster in resonantie is met de capaciteit C_{g_2} van het schermrooster naar de overige electroden. In dit geval komt er een zeer groote wisselspanning op het schermrooster, zoodat tengevolge van de capaciteit tusschen schermrooster en stuurrooster een zeer groote stroom naar het stuurrooster zal loopen.

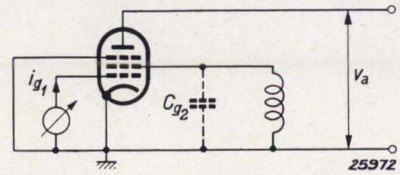


Fig. 8. Het optreden van resonanties in de lamp bij hooge frequenties. De zelfinductie L_{g_2} van de schermroosterleiding is met de capaciteit C_{g_2} van het schermrooster afgestemd op de frequentie van v_a. Dit uit zich in een groote stroom i_{g_1}, dus in een groot geleidingsvermogen van anode naar 1e rooster.

De terugwerkingsadmittantie is bij een hoogfrequentversterkerlamp ongewenscht en moet zoo klein mogelijk worden gehouden. Door de terugwerkingsadmittantie wordt nl. een gedeelte van de versterkte spanning naar het rooster teruggevoerd. Wordt deze terugkoppeling te groot, dan kan onder bepaalde omstandigheden oscilleeren optreden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

AUTO-RADIO

door J. W. ALEXANDER.

621.396.62 : 629.113

De belangrijkste eischen, die men stelt aan een auto-radiotoestel, zijn: kleine afmetingen, groote gevoeligheid, afscherming tegen uitwendige storingen, gemakkelijke montage, zeer goed bestand zijn tegen schokken, gering stroomverbruik en groote geluidsterkte. In dit artikel wordt nagegaan, hoe men aan deze, ten deele met elkaar strijdige eischen, zoo goed mogelijk kan voldoen door een toestel te construeeren, waarbij gebruik gemaakt wordt van speciaal voor dit doel ontworpen onderdeelen, zooals radiolampen, luidspreker, bedieningsinrichting.

Inleiding

In de laatste jaren blijkt er een sterk toenemende belangstelling voor auto-radiotoestellen te bestaan. Hieronder verstaat men radio-ontvangtoestellen, welke speciaal gebouwd zijn voor gebruik in een auto en die de programma's der normale omroepstations kunnen weergeven. Een ontvangtoestel, zooals normaal in huis wordt gebezigd, kan nl. niet als auto-radio gebruikt worden. Hiervoor zijn verschillende redenen. De omstandigheden, waaronder deze toestellen werken, de daaruit voortvloeiende moeilijkheden en de daarvoor gevonden oplossingen zullen in het volgende nader worden toegelicht, waaruit tevens zal blijken, waarom een auto-radiotoestel zooveel verschilt van een radiotoestel voor gebruik in huis.

In groote lijnen kan men zeggen, dat er vijf punten zijn, die hun invloed laten gelden op de constructie van de auto-radiotoestellen en welke samenhangen met:

1) de antenne,
2) de luidspreker,
3) de voeding,
4) de storingen,
5) de mechanische constructie.

De antenne

Een auto-radioantenne kan om begrijpelijke redenen slechts een kleine hoogte hebben vergeleken met een normale huisantenne; daardoor zal de in de antenne door het zenderveld opgewekte spanning betrekkelijk klein zijn. De effectieve hoogte (vgl. Philips techn. T. **2**, 216, 1937), die bij een huisantenne gemiddeld ca. 1 m bedraagt, is bij de auto-antenne slechts enkele cm. Het gevolg daarvan is, dat de gevoeligheid van het auto-radiotoestel vele malen grooter zal moeten zijn dan van een huisradio om de normale omroepstations goed te kunnen ontvangen.

Verder zal het signaal, dat het toestel binnenkomt, nog vrij veel verzwakt worden tengevolge van de kabelverbinding tusschen antenne en toestel. Het is nl. noodig, deze verbinding goed af te schermen, teneinde te voorkomen, dat de electrische uitrusting van de auto de radio-ontvangst zou kunnen storen. Heeft de antenne een capaciteit C_a tegen aarde en de verbindingskabel een capaciteit C_k, dan ontstaat tusschen de ingangsklemmen van het toestel een spanning, die evenredig is met $\frac{C_a}{C_a + C_k}$. Hieruit is te zien, dat de kabelcapaciteit zoo klein en de antennecapaciteit zoo groot mogelijk zou moeten zijn.

Nu is echter de ontwikkeling van de auto-antenne in een richting gegaan, waarbij de antennecapaciteit steeds kleiner is geworden. In de eerste jaren was de antenne meestal in de vorm van een strook gaas aangebracht onder de bekleeding van het dak. Deze antennes hadden een capaciteit van ongeveer 150 cm en meer. Door het invoeren van het stalen dak is deze antenne onmogelijk geworden en zijn verschillende andere vormen van antennes ontstaan, zooals de antenne onder de wagen in staaf- of draadvorm, de antenne boven op het dak en tegenwoordig ook al of niet uitschuifbare antennes in staafvorm, die aan de zijkant van de wagen of op de bumper bevestigd worden. De capaciteit van deze antennes is slechts van de orde van 30 cm, terwijl bij de huisantenne deze capaciteit gemiddeld 200 cm bedraagt.

Tengevolge van de kleine sterkte van het binnenkomende signaal is het, zooals wij zagen, noodzakelijk, de gevoeligheid van de ontvangtoestellen flink te vergrooten. De gevoeligheid van een ontvangtoestel is op de volgende manier gedefinieerd. In de antennekring werkt een hoogfrequente spanning met een laagfrequente modulatie van 30% en 400 perioden. Deze spanning wordt door het toestel in laagfrequente energie omgezet, die voor de gevoeligheidsmeting niet aan de luidspreker wordt toegevoerd, maar aan een geschikt gekozen ohmsche weerstand. Voor auto-radio is men gewoon als normale waarde voor dit laagfrequente vermogen 1 W te nemen. De gevoeligheid van het toestel is dan het aantal microvolts, dat in de antenne

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

noodig is om deze laagfrequente energie van 1 W in de bovengenoemde uitgangsweerstand te verkrijgen. Voor auto-radio-toestellen is de gevoeligheid van de orde van eenige microvolts; bij een gemiddeld huis-radiotoestel is voor dezelfde laagfrequente energie een signaal van 50 tot 100 μV in de antenne noodig, zoodat men kan zeggen, dat een auto-radiotoestel ongeveer 20 maal gevoeliger is dan een gemiddeld huisradiotoestel.

Aan het opvoeren van de gevoeligheid wordt een grens gesteld door het ruischen, dat in de ontvanger zelf ontstaat (zie: Philips techn. T. **2**, 136, 1937). Zooals daar werd aangetoond, ontstaat door de thermische fluctuatie der electriciteit in een geleider met weerstand R een spanning, zooals aangegeven wordt door de volgende formule:

$$\overline{V^2} = 4\,kTR\,\Delta\nu,$$

waarin $\overline{V^2}$ voorstelt de bijdrage aan het gemiddelde spanningskwadraat voor het frequentie- interval tusschen ν en $\nu + \Delta\nu$, k de constante van Boltzmann, T de absolute temperatuur.

Nu is een afgestemde L, C, r-kring voor het frequentiegebied rondom zijn afstemming globaal gesproken op te vatten als een weerstand van de waarde L/Cr. Voor de breedte van het frequentiegebied rondom de afstemfrequentie, dat door het toestel versterkt wordt, kunnen wij bij benadering 6000 Hz nemen. De waarde van r/L, waardoor de vorm van de resonantiekromme van de ingangskring bepaald wordt, bedraagt onder normale omstandigheden 120 000 Hz. Bij een waarde $C = 50$ $\mu\mu$F van de draaicondensator en voor een temperatuur van 300° K vinden wij dus:

$$\overline{V^2} = 4{\cdot}1{,}37{\cdot}10^{-23}{\cdot}300{\cdot}\frac{1}{50{\cdot}10^{-12}{\cdot}12{\cdot}10^{4}}{\cdot}6{\cdot}10^{3}$$

$$\overline{V^2} = 16{\cdot}10^{-12}\ \text{volt}^2,$$

zoodat de wortel uit het gemiddelde spanningskwadraat:

$$\sqrt{\overline{V^2}} = 4\ \mu\text{V}\ \text{wordt.}$$

Het ruischen geeft dus evenveel laagfrequente energie als een signaalspanning op de eerste kring van 12 μV met gemiddeld 30% modulatie.

Hieruit volgt, dat er een signaalsterkte zal zijn, beneden welke het ruischen hinderlijk wordt; bij grootere signalen wordt de verhouding van signaal tot ruisch gunstiger. Dit ruischeffect kan in een auto-radiotoestel eerder optreden dan bij een huisradiotoestel, omdat het auto-radiotoestel uitermate gevoelig is en juist gedurende het rijden de omstandigheden zoo sterk kunnen wisselen. Bevindt de auto zich in het open veld, dan zal het zenderveld veel sterker zijn, dan wanneer de auto in een nauwe straat tusschen hooge huizen rijdt, of nog erger, in de metalen vakwerkconstructie van een brug, waar men practisch omgeven is door een kooi van Faraday. Dit verschil in veldsterkte wordt opgeheven door de automatische sterkteregeling, die er zorg voor draagt, dat de versterking van het toestel afhangt van de binnenkomende signaalsterkte. Bij de kleinste signalen is de versterking het grootst, bij toenemende signaalsterkte neemt de versterking af en blijft dus de afgegeven acoustische energie bijna gelijk. Wanneer de omstandigheden zeer ongunstig zijn (Faradaykooi), dan zal de versterking zeer groot worden, zoodat het ruischen dan duidelijk hoorbaar begint te worden.

De luidspreker

In een rijdende auto dient de luidspreker meer energie te leveren dan in de huiskamer. Kan men in de kamer al spreken van een muziek van voldoende sterkte, als daarvan het geluidsniveau 50 phon is (zie: Philips techn. T. **2**, 54, 1937), dan is daarvan in een auto, waarin het geluidsniveau van het voertuig zelf al varieert tusschen 45 en 65 phon, niet veel te genieten. Daarvoor is een veel hooger niveau noodig, dat sterk afhangt van de constructie van de auto, de rijsnelheid, de wind, de aard van de weg, enz.

Behalve de noodzakelijkheid om het geluidsniveau hoog te leggen wegens de reeds aanwezige geluiden, speelt hierbij ook de absorptie van het geluid in de auto een groote rol, waarbij, zooals uit de acoustiek bekend is, de bekleeding van de auto van veel belang is, vooral wat betreft de absorptie van hooge tonen. Verder hangt de mate van absorptie af van het aantal personen in de auto, terwijl de groote invloed van het al of niet geopend zijn der ramen, vooral tijdens het rijden, zonder meer duidelijk zal zijn.

Voor de auto-radio is dus noodig een luidspreker, die niettegenstaande zijn kleine afmetingen een hoog acoustisch rendement heeft, hetgeen bereikt is door uit een speciale soort staal („Ticonal") een kleine magneet te vervaardigen, die een zeer hooge veldsterkte geeft.

Voeding

Het auto-radiotoestel heeft, zooals alle andere radiotoestellen, verschillende spanningen noodig, nl. gloeispanning en anode- en roosterspanningen. In de auto is als energiebron beschikbaar de accu voor de ontstekingsinrichting en de verdere electrische installatie. De gloeidraden kunnen direct op deze accu aangesloten worden, voor de anodespanning is echter een veel hoogere spanning noodig

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

dan 6 V (in sommige auto's 12 V), zoodat er een inrichting noodig is om uit de gelijkspanning van 6 V een gelijkspanning te maken van ongeveer 250 V. In het begin van de ontwikkeling der auto-radio werd wel gebruik gemaakt van aparte batterijen voor de plaatspanning, later ook van draaiende omvormers. Deze veel ruimte innemende en kostbare installaties zijn practisch geheel verdrongen door de vibrator-omvormer, waarvan het principe in dit tijdschrift reeds werd beschreven (zie: Philips techn. T. **2**, 346, 1937). Het betrof daar echter het geval, dat een gelijkspanning van 100 - 250 V moest worden omgezet in 100 - 250 V wisselspanning. Bij de autoradio-omvormer is de uitvoering anders, daar men hier uitgaat van een gelijkspanning van 6 V, terwijl het vermogen, dat de vibrator moet verwerken, vrij wat kleiner is dan in het vroeger beschouwde geval. Het principe is in *fig. 1* weergegeven. Door middel van een

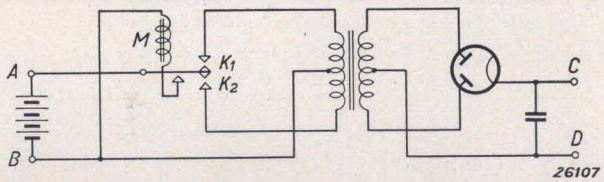


Fig. 1. Schema van de voeding der auto-radiotoestellen met behulp van een vibrator-omvormer. De accu van 6 of 12 V wordt tusschen de klemmen *A* en *B* aangesloten, terwijl de anodespanning van ong. 250 V tusschen *C* en *D* wordt afgenomen. *M* is de electromagneet, die de vibrator in beweging houdt, waarbij de contacten K_1 en K_2 beurtelings worden gesloten en onderbroken.

electromagneet (*M*) wordt een veer in trilling gehouden, waardoor afwisselend contacten (K_1 en K_2) gesloten worden. Hierdoor loopt er tijdelijk (zoolang nl. het contact gesloten is) een gelijkstroom door de transformator en wel afwisselend door de beide helften van de primaire wikkeling. Deze stroomen veroorzaken afwisselend in de beide helften van de secundaire wikkeling van de transformator getransformeerde stroomen, die met behulp van de gelijkrichtlamp en de condensator worden gelijkgericht en vereffend, tot er tenslotte tusschen de klemmen *C* en *D* een gelijkspanning ontstaat van ongeveer 250 V.

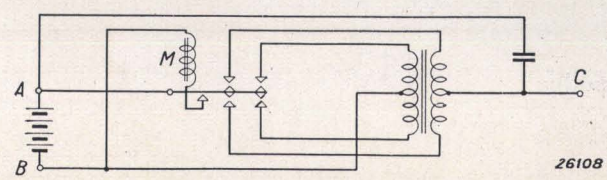


Fig. 2. Uitvoering van de vibrator-omvormer met een tweede stel contacten, waardoor gelijktijdig in de primaire wikkeling en in de secundaire wikkeling van de transformator de stroomrichting omkeert, zoodat men het gebruik van een gelijkrichter kan ontgaan. De anodespanning wordt afgenomen tusschen de klemmen *A* en *C*.

Volgens de nieuwste uitvoering (*fig. 2*) is de gelijkrichtlamp vervangen door een extra stel contacten op de vibrator, die zich in de secundaire kring bevinden en synchroon met de contacten in de primaire kring worden bewogen. Hierbij wordt de plaatspanning afgenomen tusschen de punten *A* en *C*. Deze uitvoering heeft het voordeel van grooter rendement en geringere plaatsruimte door het weglaten van de gelijkrichtlamp, zoodat het geheele toestel kleiner wordt.

De voeding door de accu beteekent natuurlijk, dat tenslotte de dynamo, die de accu op spanning moet houden, door de auto-radio zwaarder wordt belast. Het stroomverbruik van het toestel dient dus zoo klein mogelijk te worden gehouden, hetgeen men o.a. kan bereiken door het verbruik aan gloeistroom door de lampen klein te houden.

Behalve aan deze eisch moeten de lampen voor de autoradiotoestellen nog voldoen aan eenige andere eischen, die tezamen de grondslag gelegd hebben voor de ontwikkeling van een geheel nieuwe serie lampen, de zg. E-serie.

Deze lampen zijn bedoeld voor een voedingsspanning van 6 V. Dit is echter geen constante spanning; zij kan in ongunstige gevallen oploopen tot 8 V, afhankelijk van de staat, waarin de accu verkeert, van de dynamo en van de rijsnelheid. Hierdoor neemt bij de beschreven voedingssystemen behalve de gloeispanning ook de anode- en roosterspanning toe, zoodat de lampen extra zwaar belast worden. Bij de constructie van de lampen is hiermee dan ook rekening gehouden.

Behalve voor een gering gloeistroomverbruik, dat bij deze lampen 200 mA bedraagt, dient er verder voor kleine afmetingen te worden gezorgd. Hieraan is voldaan door een zeer gedrongen bouw, waardoor werd bereikt, dat de totale hoogte dezer lampen 90 mm en de grootste diameter 32 mm bedraagt. Tevens is er door zorgvuldige constructie, zooals het aanbrengen van extra steunen, voor gezorgd, dat de lampen goed bestand zijn tegen stooten en trillingen, die zij in het auto-radiotoestel tijdens het rijden ondervinden.

Storingen

Een zeer belangrijk onderscheid tusschen een radiotoestel voor gebruik in huis en een autoradiotoestel ligt in de omstandigheid, dat de laatste in de onmiddellijke nabijheid van een zeer sterke storingsbron is opgesteld. Deze storingen worden veroorzaakt door de ontstekingsinrichting. Deze werkt volgens het volgende principe (*fig. 3*):

De stroomkring van de accu is over de primaire wikkeling van een transformator *T* (de bobine)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

in serie met een intermitteerend contact K gesloten. Hierdoor ontstaan aan de secundaire hoogspanningskant van de transformator hoogspanningsstooten van de orde van 10 000 V, die via een verdeeler V achtereenvolgens naar de verschillende bougies B

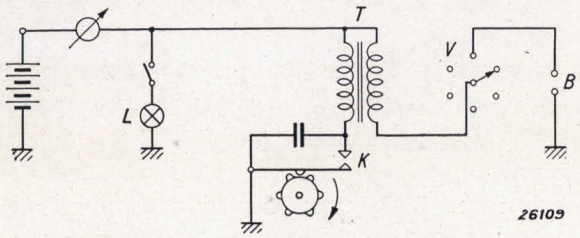


Fig. 3. Schema van de ontstekingsinrichting. K is het contact, dat intermitteerend wordt gesloten door het palrad, dat door de motor wordt rondgedraaid. De transformator T is de bobine en V is de verdeeler, waarover de stroom naar één der bougies B wordt gevoerd. L is de verlichting, die ook op de accu is aangesloten.

geleid worden. Er zijn dus plotselinge spanningsvariaties zoowel in de primaire als in de secundaire keten. Indien het gegeven spanningsverloop volgens Fourier in een frequentiespectrum wordt ontleed, blijken daar alle frequenties aanwezig te zijn. Bij toenemende frequentie neemt tot ongeveer $30 \cdot 10^6$ perioden per sec de amplitude toe, om voor hoogere frequenties weer af te nemen. Deze spanningen zijn niet alleen aanwezig op de hoog- en laagspanningsleiding van de ontstekingsinrichting, maar daar deze op de accu aangesloten zijn, ook op alle daarmee verbonden leidingen, zooals die voor de verlichting (L). Behalve op deze leidingen komen deze spanningen ook op verdere metalen deelen, zooals bijv. het chassis, daar dit als terugleider gebruikt wordt. Tegen deze storingen werden vroeger veelal weerstanden van de orde van 10 000 ohm in de bougieleiding geplaatst, waardoor de storing sterk verminderd werd. Bij de constructie van de ontstekingsinrichting was echter niet gerekend op het later aanbrengen van deze weerstanden, zoodat dit aanleiding gaf tot moeilijkheden. Ook is wel toegepast de methode der algeheele afscherming, waarbij het geheele ontstekingssysteem in een electrisch gesloten ruimte werd geplaatst, hetgeen zeer omslachtig en kostbaar is, daar practisch ieder merk auto anders is uitgevoerd.

Een nadere bestudeering van de storing heeft hier een zeer veel eenvoudiger oplossing gebracht, die gebaseerd is op het volgende:

Wanneer bij een huisradio storingen optreden, ontstaan deze in practisch alle gevallen op de volgende manier. Het toestel is bij afstemming op een bepaalde zender practisch alleen gevoelig voor spanningen met dezelfde frequentie als de zender. In het algemeen zal een storing een geheel frequentiegebied omvatten. Het toestel zal juist die frequentie er uit halen, waarop het is afgestemd en deze zal een spanning op de eerste kring veroorzaken, die verder door het toestel geheel zooals een signaal versterkt wordt. Schakelen wij nu tusschen antenne en aarde een afgestemde seriekring, dan zal deze alleen dan de storing kunnen verminderen, wanneer deze kring is afgestemd op de toestelfrequentie; daardoor verdwijnt met de storing ook het signaal.

In een auto-radiotoestel blijkt de toestand echter gecompliceerder te zijn. Schakelen wij hier weer een afgestemde kring parallel op het toestel, dan verdwijnt wel het signaal, maar de storing blijft practisch bestaan. De storing ontstaat dus door andere dan de signaalfrequenties en dit is hier mogelijk daar:

1) de afstand tusschen storingsbron en ontvanger zoo klein is,
2) de storingsbron zoo buitengewoon sterk is.

In een auto-radiotoestel treden spanningen met frequenties grooter dan die van de omroepband met groote sterkte binnen en veroorzaken dan door niet-lineaire verschijnselen storingen.

Ter opheffing van dergelijke storingen moet dus het toestel zoo geconstrueerd worden, dat de frequenties buiten het omroepgebied er niet in kunnen doordringen, terwijl dan voor de frequenties in het omroepgebied nog een extra voorziening noodig is. Het eerste wordt bereikt door:

1) Het toestel zelf electrisch geheel gesloten te te maken (behoudens ventilatiegaten). Dit geschiedt door het toestel een metalen mantel te geven en de noodzakelijke afneembare deelen, (bijv. voor het verwisselen van lampen) met veerende strooken te sluiten.
2) De het toestel binnenkomende leidingen, zooals antenne en voedingsleiding, te voorzien van filters, zoodat de antenneleiding slechts de frequenties van het omroepgebied doorlaat.

Teneinde de resteerende storingen met frequenties in het omroepgebied tegen te houden, is het meestal voldoende, een condensator aan te brengen tusschen het chassis en de accuzijde van de bobine. Verder moet er bij aanleg van de installatie rekening mee worden gehouden, dat de antenne zoo ver mogelijk van storingdragende geleiders, zooals bijv. lichtleidingen en batterij, verwijderd is. In dit opzicht is een antenne op het dak te verkiezen boven een antenne onder de wagen.

Hoewel de ontstekingsinrichting de ergste storingen veroorzaakt, zijn dit toch niet de eenige storingen, die kunnen optreden. De dynamo voor

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

het laden van de batterij geeft ook merkbare storingen, waartegen het aanbrengen van een condensator tusschen de dynamo en het chassis een afdoende verbetering is.

Verder is er nog een groep van storingen, die niet altijd optreden, maar toch soms zeer hinderlijk kunnen zijn. Tot deze specifieke auto-radiostoringen behooren de zg. „asstoringen". Bij een auto met achteraandrijving draait het voorwiel om een as, die direct met het chassis verbonden is. Tusschen de as en de bus van het wiel bevindt zich een dunne vetlaag, die het wiel isoleert van de as. Dáár ontstaat vooral bij oudere wagens de mogelijkheid, dat er, afhankelijk van de schokken, die het wiel ondervindt, min of meer electrisch contact gemaakt wordt tusschen as en wiel. Door dit variabele contact ontstaan krakende storingen. De remedie hiertegen bestaat uit òf een duurzame isolatie, òf een duurzaam contact, dat bijv. tot stand kan worden gebracht door middel van een drukveer tusschen de draaiende wieldop en het stilstaande uiteinde van de as. Bij auto's met vóórwielaandrijving moet men, zooals duidelijk zal zijn, deze veeren aanbrengen aan de achterwielen.

Een andere toevallige storing, de „remstoring", kan ontstaan tengevolge van het opwekken van wrijvingselectriciteit door het even raken van een remschoen tegen een remtrommel. Een juiste instelling van de remschoenen is de remedie hiertegen.

In sommige gevallen doet zich een „bandenstoring" gelden, ontstaan door wrijvingsverschijnselen tusschen de band en de weg. Deze storing hangt af van de aard van het wegdek en treedt vooral bij bepaalde banden op. Op een macadam wegdek heeft men veel minder hinder van deze soort storing dan op een betonweg. Soms wil een beter aarden van het wiel, door middel van de hierboven beschreven drukveer, verbetering geven. Ook voor deze groep van storingen is een antenne te verkiezen, die ver van de storingsbron verwijderd is en dus bovenop het dak of aan de zijkanten van de auto kan worden aangebracht.

Mechanische bouw

Ook in zijn mechanische bouw onderscheidt een auto-radiotoestel zich in belangrijke mate van een radiotoestel voor gebruik in huis. De eischen, die in dit opzicht aan een auto-radio gesteld worden, zijn immers zoo totaal anders. Hiervan zullen we er eenige nagaan:

1) Daar het toestel in de auto wordt aangebracht, waar toch meestal met ruimte gewoekerd moet worden, moet het zoo klein mogelijk zijn (*fig. 4*). Dit bereikt men door met zoo weinig mogelijk onderdeelen te werken, die elk bovendien zoo klein mogelijk geconstrueerd en zoo dicht mogelijk op elkaar geplaatst worden, zooals men kan zien op de foto met opengesneden zijwand (*fig. 5*). Op de voorgrond in het midden op deze foto zijn twee lampen weggenomen teneinde het daarachter

Fig. 4. Auto-radiotoestel, dat slechts 18,5 cm hoog is.

gelegen gedeelte van het toestel te kunnen zien. Zooals men op de foto ziet, wordt de luidspreker in het toestel gebouwd. Hierdoor wordt de minste ruimte ingenomen en in de meeste gevallen kan dit toestel dan ook gemakkelijk onder het instrumentenbord aangebracht worden. Indien nog betere kwaliteit van het geluid gewenscht wordt, of wanneer het noodzakelijk is, de luidspreker op een

Fig. 5. Aanzicht van het toestel met opengesneden zijwand, waarbij in het midden twee lampen zijn weggenomen teneinde het daarachter gelegen gedeelte van het toestel te kunnen zien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

andere plaats aan te brengen, bijv. in autobussen, dan kan een uitvoering met afzonderlijke luidspreker worden gekozen (*fig. 6*). Deze luidspreker is grooter en gevoeliger dan mogelijk is voor een luidspreker, die in het toestel moet worden gebouwd. Voor autobussen bestaat tevens de mogelijkheid, een microfoon aan te sluiten. Met behulp van een omschakelaar kan de gids dan de radio-uitzending onderbreken en via het toestel en de boven den bestuurder hangende luidspreker het woord richten tot de aanwezigen in de bus.

2) Het toestel moet van een bepaalde plaats af, bijv. door den bestuurder, bedienbaar zijn. Dit is alleen mogelijk als de bedieningsorganen op of onder het instrumentenbord of op de stuurkolom zijn bevestigd. Daar er echter op deze plaatsen meestal geen ruimte beschikbaar is om het toestel zelf te plaatsen, is men genoodzaakt, een afstandsbediening aan te brengen. De bedieningsorganen worden dan met elkaar vereenigd tot een bedieningskastje (*fig. 7*), dat onder (*fig. 8*) of met behulp van een ander huisje in het instrumentenbord (*fig. 9*) kan worden aangebracht. De rechterknop van het kastje (fig. 7) dient voor afstemming

Fig. 6. Auto-radiotoestel met afzonderlijke luidspreker.

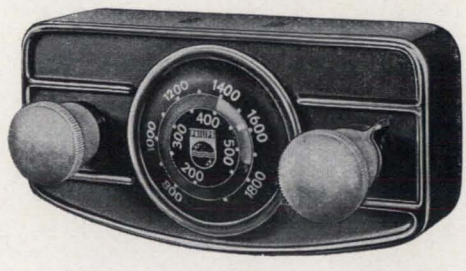


Fig. 7. Bedieningskastje.

en is via een Bowdenkabel met een worm in het toestel verbonden, die de as van de afstemcondensator aandrijft. In het bedieningskastje zelf bevindt zich een overbrenging van de Bowdenkabel op de wijzer. Deze wijzerplaat is op een bijzondere wijze uitgevoerd, daar de eisch gesteld moet

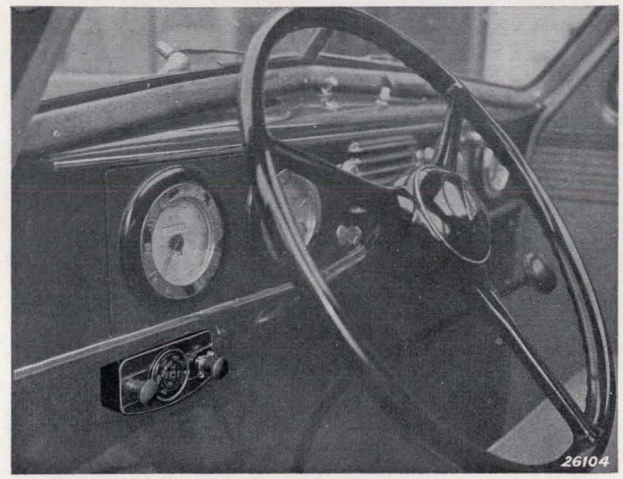


Fig. 8. Bedieningskastje aangebracht onder het instrumentenbord.

worden, dat de afstemming zoowel overdag als 's avonds gemakkelijk kan worden afgelezen en de schaal 's avonds toch geen hinderlijk licht uitstraalt. Bij rijden in het donker is een geheel verlichte afstemschaal zeer hinderlijk, daarom is de volgende uitvoering gekozen. De schaal zelf is donker met lichte letters (voor aflezing overdag), die lichtdoorlatend zijn (voor 's avonds). Tusschen de twee golfbanden is een lichtdoorlatende band, waar een licht streepje als wijzer overdag zichtbaar is. Dit wijzerstreepje is aangebracht in het midden van een lichtdoorlatende sector van een verder ondoorschijnende schijf, die zich onder de schaal bevindt.

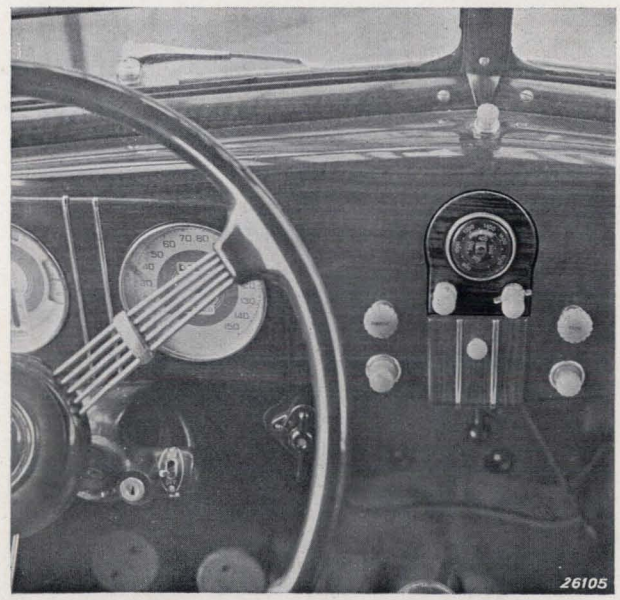


Fig. 9. Bedieningskastje aangebracht in het instumentenbord.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Onder deze schijf bevindt zich het verlichtingslampje. Op deze wijze is 's avonds slechts een sectorvormig gedeelte van de schaal verlicht en het juiste afstempunt wordt dan nader aangegeven door een schaduwstreep van de wijzer op een lichte achtergrond. Door bovendien de verlichtingslamp zelf lichtgroen te maken is een aangename en niet-storende, maar toch zeer duidelijke, aflezing verkregen.

Op het bedieningskastje (fig. 7) zelf is onder de afstemknop rechts ook nog een vleugelknop te zien, waarmede de voeding van het toestel ingeschakeld kan worden. De linkerknop bedient, eveneens door middel van een B o w d e n kabel, de volumeregeling van het toestel. Voor het overschakelen op het andere golflengtegebied is niet een extra knop aangebracht, maar dient de volumeregelknop, die iets kan worden uitgetrokken.

3) Het toestel moet zeer robust gebouwd zijn, daar het bij groote rijsnelheden en vooral bij een slechte weg aan zeer zware schokken blootgesteld kan worden. Derhalve dienen de onderdeelen extra stevig bevestigd te worden. Gedurende de montage wordt dit gecontroleerd door de toestellen op een schoktafel te beproeven, die in elke hoek éénmaal per sec over een afstand van 12 mm valt. Bovendien is het moment van vallen voor de vier hoekpunten niet tegelijk, maar telkens $^1/_4$ sec verschoven. De constructie wordt zoodanig gemaakt, dat de toestellen een dergelijke urenlange schokproef zonder nadeelige gevolgen kunnen doorstaan.

4) Het toestel moet gemakkelijk monteerbaar zijn. Teneinde dit snel en ook met zoo weinig mogelijk veranderingen aan de auto te kunnen doen is een montage met één bout gekozen (*fig. 10*). Hierbij behoeft dus slechts een enkel gat in de motorscheidingswand geboord te worden. De afzonderlijke luidspreker heeft dezelfde ophanging. Verder zijn de kabelaansluitingen voor voeding en antenne uitgevoerd met een bajonetsluiting, die de tijd noodig voor de montage van deze onderdeelen tot het minimum beperkt.

5) Het toestel moet electrisch volkomen dicht zijn. Hangt het toestel onder het instrumentenbord, dan bevindt het zich in de buurt van de daar aangebrachte leidingen, waarop sterke stoorspanningen staan. Zooals bij het behandelen der storingen al is opgemerkt, moet daartegen het toestel zelf

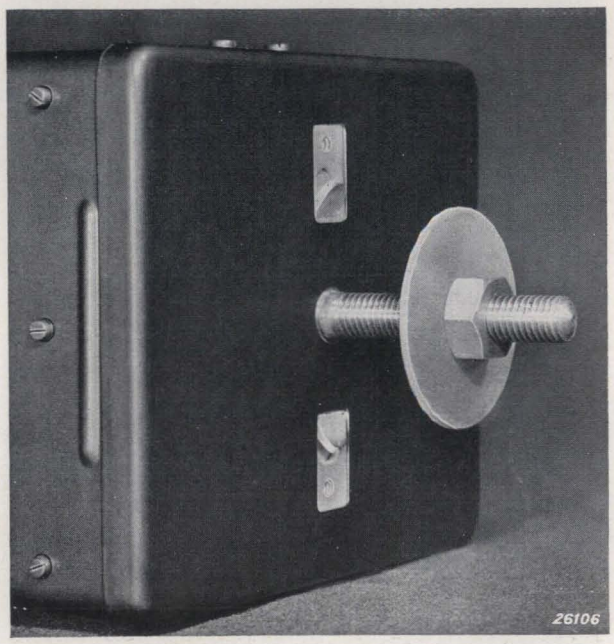


Fig. 10. Het auto-radiotoestel wordt met één bout gemonteerd op de motorscheidingswand.

afgedicht worden. De kast is derhalve van metaal, onder het luidsprekerdoek bevindt zich een metalen gaas. Daar de vóórdeksel afneembaar moet zijn om eventueel lampen te kunnen verwisselen, ontstaat tusschen huis en deksel een kier. Deze is echter geheel gesloten door veerende strippen. Deze bevinden zich ook tusschen huis en onderdeksel, daar dit voor eventueele inspectie ook geopend moet kunnen worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVER HET DOORVOEREN VAN METAAL DOOR HARD GLAS, IN HET BIJZONDER KWARTSGLAS

door B. JONAS.

666.1.037.5 : 666.19

Een overzicht wordt gegeven van door insmelten verkregen metaaldoorvoeren door verschillende glassoorten. Nader wordt ingegaan op de verschillende voorwaarden, die vervuld moeten worden om een doorvoer door kwartsglas te verkrijgen, die dicht en tegen warmte bestand is.

Eigenschappen van glassoorten

Nadat men in het begin dezer eeuw er in geslaagd was helder doorzichtig kwartsglas op grootere schaal te vervaardigen, werd dit materiaal in korte tijd onontbeerlijk in chemische en physische laboratoria. Zijn succes dankt het aan de merkwaardige bestendigheid tegen plotselinge temperatuurveranderingen en tegen chemische aantasting, en aan de buitengewoon gunstige optische en electrische eigenschappen ook bij hoogere temperatuur.

Tot voor korten tijd werd kwarts echter niet op groote schaal in de techniek der gloeilampen of ontladingsbuizen gebruikt. Men is geneigd dit aan de relatief hooge prijs of aan technologische moeilijkheden bij zijn bewerking toe te schrijven, maar ten onrechte. De oorzaak ligt veeleer daarin, dat men indertijd niet over een goede methode beschikte om de stroomtoevoerdraden in het kwarts aan te brengen.

Om te laten zien, waarin de moeilijkheid van dit probleem ligt, zullen wij het vergelijken met het analoge probleem bij gewoon glas. Ter vergemakkelijking zijn daartoe de factoren, die een rol spelen bij het maken van insmeltingen, met eenige andere gegevens, in *tabel 1* vereenigd. De talrijke technisch belangrijke glassoorten zijn daarbij zoo ingedeeld, dat het kwartsglas als het einde van een reeks optreedt en niet de nadruk gelegd wordt op de tegenstelling van „gewoon glas" en kwartsglas. Zooals licht valt te begrijpen, heeft deze indeeling iets willekeurigs, bijv. in het vastleggen der grenzen

Tabel 1. PHYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN SILIKAATGLAZEN

	Groep Nr.	Klasse	Som SiO_2; Al_2O_3 Gew. %	Gebied der beginnende verweeking °C: Transformatiepunt	Gebied der beginnende verweeking °C: Verweekingstemp.	Lineaire warmte-uitzettingscoëff. $\alpha \cdot 10^7$	Trek- Drukvastheid kg/mm²		Warmtegeleidingsvermogen cal/cm·grad·sec	Electr. geleidingsvermogen T_{k100} °C	Dielectr. verliezen bij $1{,}5 \cdot 10^6$ Hz $10^4 \cdot tg\delta$	Doorlaatbaarheid voor ultraviolet van 1 mm bij 3000 Å
Gewone (zachte) glassoorten	1	Loodglas (Alkali-lood Silikaatglas)	35 tot 65	380 tot 500	420 tot 600	85 tot 95	3 tot 7	50 tot 90	0,017 tot 0,037	250 tot 380	8 tot 80	0% tot 75 %
	2	Kalkglas (Alkali-kalk Silikaatglas)	65 tot 75	470 tot 530	550 tot 600	80 tot 110	4 tot 10 (15)	70 tot 100	0,025 tot 0,030	130 tot 300	10 tot 120	
Harde glassoorten	3	Zacht Boro-Silikaatglas (Alkali-boro-Silikaatglas)	70 tot 85	470 tot 570	500 tot 700	30 tot 60				160 tot 400		
	4	Hard, alkaliarm of -vrij alumo(boro) Silikaatglas	75 tot 95	650 tot 900	750 tot 1000	8 tot 38	5 tot 15	100	ca. 0,03	350 tot 600	ca. 10 tot 30	tot 90%
		Kwartsglas	100	1050	1300	5,5-6	>20(?)	>200	0,035	>600	2	92%

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

tusschen de verschillende gebieden; verder zijn speciale gevallen ter wille van de overzichtelijkheid weggelaten. Sommige der in de tabel aangegeven getallen, bijv. de trekvastheid, zijn om verschillende redenen eenigszins onzeker, maar toch geschikt om een algemeen overzicht te geven.

Wanneer men van een „hardglas" spreekt, heeft men niet de mechanische hardheid op het oog, maar bedoelt er mee een glas, dat moeilijk smelt en bij hooge temperatuur bewerkt moet worden. In de laatste jaren duidt men met „hardglas" ook aan, dat de thermische uitzettingscoëfficient klein is. Onder een „zacht hardglas" verstaan we dan in het volgende een glas, dat een kleine uitzettingscoëfficient heeft, maar bij betrekkelijk lage temperatuur week wordt.

Met het „transformatiepunt" bedoelen we de laagste temperatuur, waarbij het bij langdurige verwarming nog mogelijk is de spanningen in het glas op te heffen, bij de verweekingstemperatuur gebeurt dit na eenige — 15 — minuten.

In de plaats van het geleidingsvermogen bij kamertemperatuur is aangegeven T_{k100}, de temperatuur waarbij een geleidingsvermogen k van 1/100·Megohm·cm bereikt wordt.

Uitvoeringsvormen der metaal-glasverbinding

Alle glas-metaalverbindingen moeten aan de eisch voldoen, dat de spanningen, die bij het vervaardigen of in het normale bedrijf optreden ten gevolge van het verschil in uitzettingscoëfficient der gebruikte materialen niet tot een loslaten van de verbinding of vernieling van een der bestanddeelen leiden. Door kitten, mechanisch afdichten of langs electrolytische weg verkregen verbindingen blijven hier vanwege de geringe temperatuurbestendigheid buiten beschouwing. Men mag aannemen, dat bij een werkelijk goede lasch de adhaesie op de overgangsplaats glas — metaal niet geringer is dan de trekweerstand van het glas. Is zulks het geval, dan reduceert het probleem der glas-metaalverbinding zich hoofdzakelijk tot de begrenzing van de in het glas optredende spanningen.

Men kan nu bij de oplossing van dit probleem twee principieel verschillende wegen inslaan:

1) door oordeelkundige keus van de twee bestanddeelen glas en metaal, stemt men de thermische uitzettingscoëfficienten zoo op elkaar af, dat de eindtoestand geen gevaar oplevert (dit beteekent nog niet, dat de uitzettingscoëfficienten gelijk moeten zijn).
2) door zeer geringe metaaldikten te nemen vermijdt men gevaarlijke spanningen in het glas; daarbij bekommert men er zich niet om, of de elasticiteitsgrens van het metaal overschreden wordt.

De tweede methode is voor draadinsmeltingen van geringe beteekenis, daar bij een noemenswaard verschil in uitzetting de toelaatbare draaddoorsnede àl te klein is. Voor het aansmelten van ring- of kapvormige metaaldeelen wordt ze zeer veel gebruikt, vooral indien op de overgangsplaats geen talrijke en belangrijke temperatuurwisselingen optreden. In het geval van kwartsglas zou een dergelijke constructie zeer groote moeilijkheden meebrengen, alleen al vanwege de extreem hooge temperatuur bij de bewerking. Algemeen gesproken moet deze methode meer als een aanvulling van het normale procédé voor het geval van een groote metaaldiameter beschouwd worden.

Een weg, die ook gevolgd kan worden, is de toepassing van een smeltglas, dat bij het glas van de buis past, en een zoo lage verweekingstemperatuur heeft, dat afwijkingen in de uitzetting toelaatbaar worden. Het temperatuurinterval, waarover de doorvoer na vast worden nog afkoelt, wordt dan kleiner en hetzelfde geldt voor de optredende temperatuurspanningen. In de gevallen, waar deze methode van practische beteekenis is, komt ze neer op een vergemakkelijken der toepassing van 1) of 2), maar is geen principieel verschillende oplossing.

Tenslotte kan men, wanneer het onmogelijk blijkt de warmteuitzettingscoëfficienten van glas en metaal bij elkander aan te passen, de verschillen overbruggen door een reeks van elkaar in eigenschappen opvolgende glassoorten tusschen te scha-

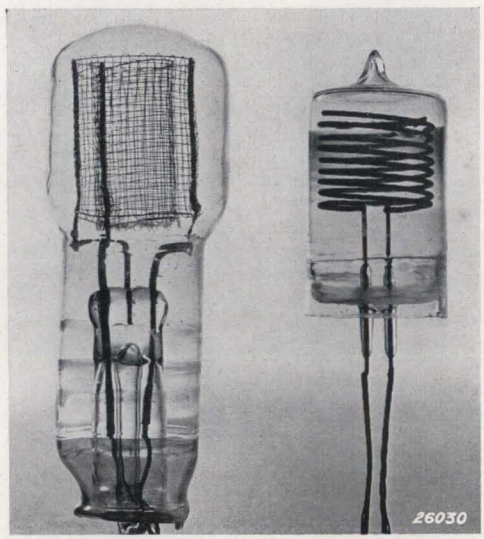


Fig. 1. Insmelting van wolfraam in kwartsballons met behulp van: *a*) overgang van geleidelijk veranderende glassoorten, *b*) hoogsmeltend smeltglas (afbeeldingen op schaal 3 : 4).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

kelen. Deze oplossing kan bij kwartsglas toegepast worden (*fig. 1a*) en is van groote beteekenis voor laboratorium-doeleinden. Ze is echter niet goedkoop en leidt bij lampen tot tamelijk omslachtige constructies, zoodat ze voor massaproductie niet in aanmerking komt.

In het volgende beperken we ons tot de eenvoudige hoofdvorm van een insmelting: de doorvoer van een draad of staaf door een glaswand, een uitvoeringsvorm, die bij alle glassoorten, ook bij kwartsglas, verwezenlijkt kan worden. We zullen nu achtereenvolgens, aan de hand van tabel 1, de uitvoering bij verschillende graden van hardheid van het glas bespreken.

Doorvoer door „zachte glazen" en „zachte hardglazen"

Voor de eerste twee groepen (zachte glazen) der tabel levert de begrenzing der spanning door afstemmen der warmte-uitzetting geen moeilijkheden op. Voor het gebied der uitzettingscoëfficienten van 80 tot $110 \cdot 10^{-7}$ heeft men behalve platina en zijn legeeringen meerdere in eigenschappen geleidelijk varieerende alliage-reeksen. Daarenboven bestaan er samengestelde metaaldraden, die ook aangepast kunnen worden, zooals kopermanteldraad.

Om het àl te warm worden der doorvoerdraden, die meest uit minder goed electrisch geleidende metalen bestaan, te vermijden, beperkt men zich meestal tot een belasting van 10, hoogstens 20 A per draad. Indien de insmelting niet gekoeld wordt, dreigt bij overschrijding van deze waarde breuk door electrolyse van het glas (vanaf ongeveer 200°C), daar met de temperatuur de geleidbaarheid van het glas sterk toeneemt. Men moet dan kap- of cylindervormige doorvoeren toepassen, waarbij goed geleidende metalen voor de stroomvoerende deelen gebruikt kunnen worden.

Ook voor de derde groep der tabel, de „zachte hardglazen" is de oplossing meestal eenvoudig. Met de zachtere soorten, waarvan de warmteuitzetting in de regel niet abnormaal laag ligt, kan men weer afstembare insmeltlegeeringen gebruiken; bij vele dezer glassoorten vaak ook de metalen wolfraam en molybdeen. De passende insmeltlegeeringen zijn ternaire of quaternaire Fe-Ni-Co-alliages, die van het bekende Invar (ongeveer 64 Fe, 36 Ni) afgeleid zijn. Zooals bekend, heeft Invar bij kamertemperatuur een zeer kleine warmteuitzetting. Dit is het gevolg van een omkeerbare thermische omzetting, die bij ongeveer 200° C afgeloopen is. De uitzettingskromme, die tot ongeveer 150°C vrijwel vlak verloopt, krijgt boven 200°C de normale sterk oplooпende vorm (*fig. 2*). Door opnemen van Co als derde bestanddeel kan de overgang van het vlakke in het steile gedeelte naar hoogere temperaturen

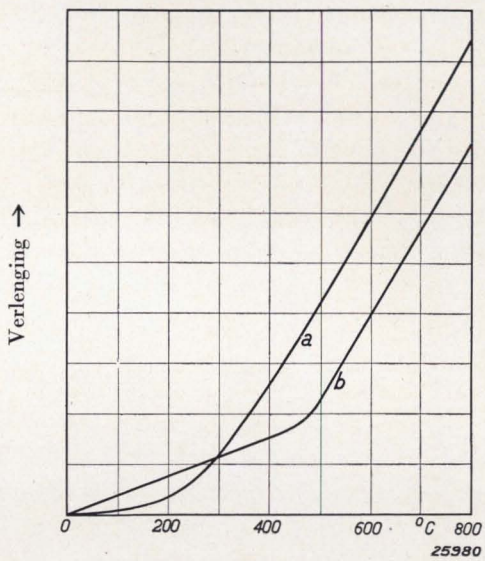


Fig. 2. Schematisch verloop der thermische uitzetting: *a*) voor Invar (36 Ni, 64 Fe), *b*) voor een invarachtige Co-Ni-Fe-legeering.

verlegd worden, waarbij de helling van het vlakke gedeelte toeneemt. Dergelijke legeeringen kunnen dus — desgewenscht na toevoeging van andere componenten, zooals Mn, Cu of Cr — bij de zachtere glassoorten der derde groep aangepast worden. Voor de hardere soorten der derde groep ligt het begin der verweeking vaak bij een veel hoogere temperatuur dan de bocht in de uitzettingskromme der legeering. De daaruit volgende bezwaren kan men omzeilen door het inschakelen van een zachter smeltglas tusschen het beschouwde glas en het metaal, wanneer wolfraam of molybdeen niet in aanmerking komen.

Samenvattend kunnen we dus vaststellen, dat voor de drie beschouwde groepen van de zachtere glassoorten altijd een bevredigende oplossing te vinden is, welke ook (binnen zekere grenzen) de gewenschte verhouding der thermische uitzettingscoefficienten moge zijn. Voor de toelaatbare waarde dezer verhouding vindt men in de literatuur en in de praktijk meestal een gebied aangenomen van 0,9 tot 1,1. Een enkele maal vindt men in de literatuur het toelaatbare verschil $\alpha_{\text{metaal}} - \alpha_{\text{glas}}$ als $20 \cdot 10^{-7}$ aangegeven.

Draadinsmeltingen door hardglas en kwartsglas

Wil men ook bij de laatste twee groepen aan de practische regel vasthouden, dat de uitzettingscoëfficienten van het insmeltpaar metaal-glas niet

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

meer dan 10% verschillen mogen, dan is het doorvoerprobleem voor deze glassoorten onoplosbaar. Van al de beschikbare metalen heeft wolfraam met $47 \cdot 10^{-7}$ verreweg de laagste en dus de gunstigste uitzettingscoëfficient. Bij vergelijking met de nu te beschouwen glassoorten vindt men dus verschillen van 20 tot $40 \cdot 10^{-7}$, en de genoemde verhouding zou dus in plaats van 1,1 waarden aannemen van 1,6 tot 8. Daarenboven werkt het verschil in uitzettingscoëfficient over een veel grooter gebied daar de verweekingstemperatuur veel hooger ligt.

Bij nadere beschouwing van de aard en grootte der optredende spanningen blijkt het echter, dat zij onder niet al te ongunstige omstandigheden de vastheidsgrens van het glas of van de glas-metaalverbinding toch niet overschrijden. Voor eenvoudige vormen van de insmelting, zooals in *fig. 3*

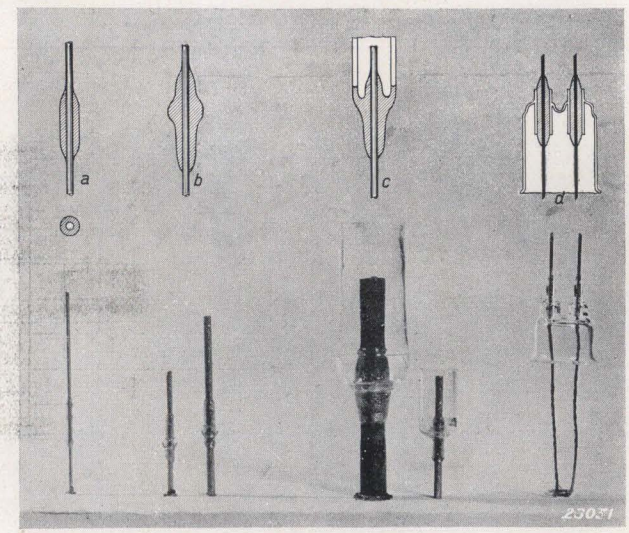


Fig. 3. Diverse vormen van insmeltingen. Foto met schematische teekening (afbeeldingen op schaal 1 : 3).

aangegeven, kan men met behulp der dubbele breking van het onder spanning staande glas in gepolariseerd licht de spanningen quantitatief bepalen. Dergelijke metingen zijn door Hull en Burger[1]) aan insmeltingen met talrijke verschillende glas- en draadsoorten en diverse afmetingen uitgevoerd. De gemeten waarden werden ook met de, op grond van eenvoudige onderstellingen, berekende vergeleken, waarbij een goede overeenstemming gevonden werd.

We zullen nu deze rekenmethode toepassen op de doorvoer door hardglas van de vierde groep, dat niet door Hull en Burger bestudeerd is en verwachten, dat ze ook hier de toestand goed weergeeft.

[1]) A. W. Hull and E. E. Burger. Physics **5**, 384 - 405, 1934.

Berekening der spanningsverdeeling

We gaan uit van het volgende model: een lange glascylinder bevat een concentrische draadkern. Het geheel is bij de onderste grens van het gebied der glasverweeking in temperatuurevenwicht en spanningsloos. We nemen aan, dat bij de verdere afkoeling alleen elastische vormveranderingen optreden.

De metalen kern wil bij de afkoeling sterker inkrimpen dan de hardglazen mantel. Onderstaande *fig. 4* illustreert, dat er daardoor in het glas in

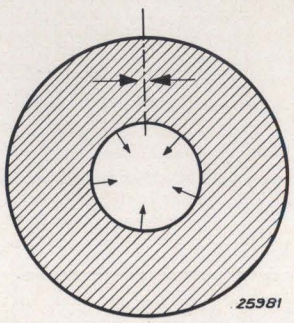


Fig. 4. Optredende spanningen in glasgedeelte van doorvoer, voor het geval $\alpha_g < \alpha_m$.

radiale richting trek-, in tangentiale (en axiale) richting drukspanningen ontstaan. Nu is voor een glas (zie tabel) de toelaatbare belasting bij druk ongeveer het tienvoudige van die bij trek. In het beschouwde model is de verhouding tusschen de optredende druk- en trekspanning meestal[2]) kleiner dan 10, zoodat breuk alleen ten gevolge van trekspanningen zal optreden en we ons in het vervolg alleen met deze laatste (in de radiale richting) bezig zullen houden.

De radiale spanning σ_r als functie van de afstand r tot de as, wordt gegeven door de vergelijking:

$$\sigma_r = \frac{p}{n^2 - 1}\left(\frac{r_g^2}{r^2} - 1\right),$$

waarbij r_g de straal van de glascylinder is en n de verhouding van deze laatste tot de straal r_m van de metalen kern voorstelt.

De radiale spanning σ_r is nul in het buitenoppervlak van het glas ($r = r_g$), en heeft een maximum p op het grensvlak glas-metaal, waar de verhouding $r_g/r_m = n$ is. Terloops zij opgemerkt, dat in de metalen kern de radiale spanning constant en gelijk aan de maximale waarde p der glasspanning

[2]) Bij zeer dunne glaslaag kan de tangentieele (druk-) spanning grooter worden dan 10 maal de radiale (trek-) spanning. De waarde van de dan optredende drukspanning is echter volgens de berekening altijd kleiner dan tweemaal de maximale trekspanning bij een zeer dikke glaslaag. De axiale spanningen zijn nooit grooter dan de tangentieele op de grenslaag metaal-glas. Het is dus inderdaad afdoende de trekspanning te begrenzen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

is. In *fig. 5* vindt men voor eenige waarden van n het verloop van σ_r/p als functie van de verhouding r/r_g.

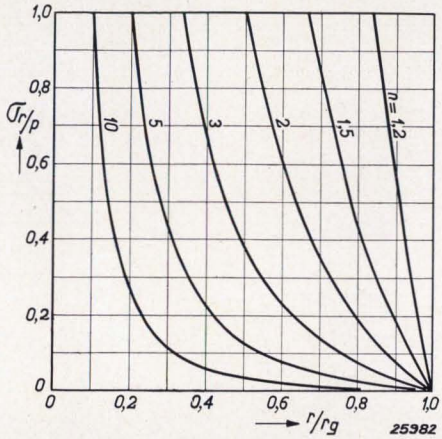


Fig. 5. Relatieve waarde der trekspanning (σ_r/p) als functie van (r/r_g) voor verschillende $n(= r_g/r_m)$.

De functie, die het spanningsverloop aangeeft, is dezelfde als die, welke optreedt in het bekende geval van een dikwandige buis met inwendige overdruk. De bepaling van de maximaal optredende spanning p vraagt echter een dieper ingaan op de bijzondere omstandigheden van het insmeltprobleem. Dit is door Poritsky[3]) behandeld, wiens resultaten na enkele vereenvoudigingen en rectificaties door Hull en Burger gebruikt zijn.

Uit de berekening volgt, dat de maximale spanning p evenredig is met het product van de elasticiteitsmodulus van het glas E_g en het verschil δ in uitzetting, per lengte-eenheid gerekend, tusschen glas en metaal voor het beschouwde temperatuurinterval. Verder hangt p af van de verhouding $n\,(= r_g/r_m)$ en van de elastische eigenschappen van glas en metaal.

$$p = \frac{E_g \cdot \delta}{\varrho_g \left(\frac{E_g}{E_m}\right) + \frac{\gamma n^2 + \varrho_m}{n^2 - 1}}$$

E_g en E_m zijn de elasticiteitsmoduli voor glas, resp. metaal, terwijl γ en ϱ met de dwarscontractie μ voor glas en metaal samenhangen:

$$\gamma = \frac{(1+\mu_g)\,[1 + (n^2-1)\,E_g/E_m]}{(1+\mu_g) + (n^2-1)\,(1+\mu_m)\,E_g/E_m} \approx 1$$

$$\varrho_g = 1 - 2\mu_g;\ \varrho_m = 1 - \mu_m$$

De orde van grootte van ϱ_g en ϱ_m is 0,5.

Het doet misschien vreemd aan, dat de spanning p, aan de binnenzijde van het glas niet expliciet van de afmetingen van de insmeltdraad of het omliggende glas afhangt, maar alleen van de verhouding n. De ervaring toch leert, dat „zware" doorvoeren moeilijker te maken zijn dan „lichte". Dit feit is echter een gevolg van de toenemende moeilijkheden bij het hanteeren en het afkoelen, wanneer de afmetingen van het werkstuk grooter worden.

De gegeven uitdrukking voor p stelt ons in staat de gevaarlijke spanningen in een insmelting te berekenen. De nauwkeurigheid daarbij hangt af van de betrouwbaarheid der elastische constanten en van de onderstelling betreffende δ. Als voorbeeld is gekozen een der ongunstigste gevallen uit groep 4, een alumo-borosilikaatglas, dat, naar de ervaring bewezen heeft, met kwartsglas uitstekend versmolten worden kan. Met $E_g = 6700$ kg/mm², $E_m = 36000$ kg/mm², $\delta = 3{,}0 \cdot 10^{-3}$, $\mu_g = 0{,}25$, $\mu_m = 0{,}17$, vinden we voor verschillende waarden van n de in *tabel 2* aangegeven getallen (vergelijk *fig. 6*). Zooals te verwachten was, zijn de voor p

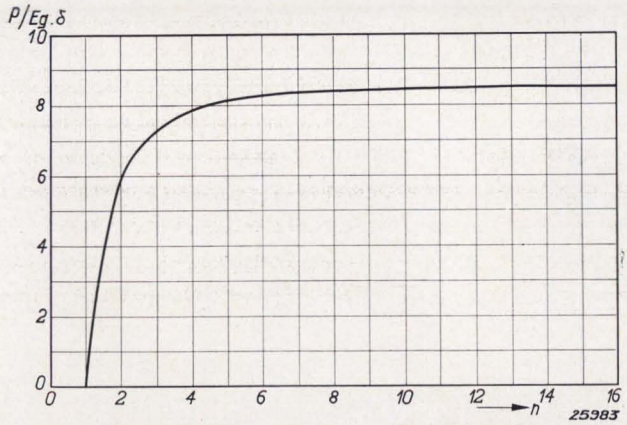


Fig. 6. Verhouding $p/E\delta$ als functie van $n(= r_g/r_m)$. $E_g/E_m = 0{,}186$, $\varrho_g = 0{,}5$, $\varrho_m = 0{,}66$.

gevonden waarden zeer hoog, voor groote n schijnt de breukgrens voor dit glas bereikt of zelfs overschreden te zijn. In de praktijk houden de beschouwde doorvoeren zich echter uitstekend, ook bij hooge temperatuur en plotselinge sterke temperatuurveranderingen. We zullen nog even nader nagaan, waaraan deze onverwacht hooge weerstand te danken is.

Tabel 2.

Maximale optredende spanning p (kg/mm²) bij eenvoudige draaddoorvoer voor een alumo-borosilikaatglas (groep 4) met $E_g = 6700$ kg/mm², $E_m = 36\,000$ kg/mm², $\delta = 3{\cdot}10^{-3}$, $\varrho_g = 0{,}5$, $\varrho_m = 0{,}66$.

n —	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0	5	10	∞
p —	0	3,5	6,9	10,1	12,4	13,9	14,5	15,5

[3]) H. Poritsky, Physics **5**, 406 - 411, 1934. G. Heller maakte ons opmerkzaam op enkele onjuistheden in de daar gegeven afleiding. Bij de hier gebruikte formules is met de noodige correcties rekening gehouden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Merken we allereerst op, dat bij berekening uitgegaan wordt van een spanningsvrije toestand bij een bepaalde (hooge) gelijkmatige temperatuur. Deze onderstelling van een uniforme temperatuur is niet in overeenstemming met de werkelijkheid. Tengevolge van de hooge temperatuur bij de bewerking en de goede warmtegeleiding van het metaal (wolfraam) onstaat in radiale richting, naar de as toe, een temperatuurverval. Het metaal krimpt dan later minder en de maximale spanning p wordt verlaagd, zoodat de berekende getallen als een bovenste grens te beschouwen zijn, die in werkelijkheid niet bereikt wordt.

Niet altijd werken de bijkomstige factoren in de goede richting, dwz. verminderen de maximale spanning. Zoo kan tengevolge van ongelijke afkoeling de optredende spanning grooter zijn dan de berekende waarde. Dit komt voor, wanneer $\alpha_m > \alpha_g$ en de glasmantel sneller afkoelt dan de metaaldraad, bijv. bij machinale kneepen. In ons geval daarentegen, is tijdens de bewerking een temperatuurverval in de richting naar de as toe verzekerd.

Ook de eventueele onzekerheid betreffende de kleefweerstand tusschen glas en metaal kan tot voorzichtigheid nopen. In het grensvlak immers treedt, wanneer $\alpha_m > \alpha_g$, de maximale trekspanning op, en het loslaten van het metaal van het glas, zelfs plaatselijk, heeft licht breken van het glaslichaam tengevolge. Nu behooren de insmeltingen van wolfraam in de hier behandelde glassoorten tot de beste tot nu toe bekende insmeltingen, wat betreft het hechten van metaal en glas. Indien echter geen nadere bijzonderheden over de kleefkracht bekend zijn, mag men deze niet te hoog aanslaan en zal dus met een kleiner verschil in uitzetting moeten werken.

Onder bepaalde omstandigheden kan men in glas veel hoogere trekspanningen aantreffen dan de op de gebruikelijke wijze uit trekproeven bepaalde maximale waarden. Bij deze laatsten vindt men trouwens een groote spreiding, die meestal toegeschreven wordt aan oncontroleerbare beschadigingen en fouten in het glasoppervlak. Bij glasstaven, waarvan het oppervlak zich voor belasting reeds onder tangentiale en axiale druk bevindt tengevolge van een plotselinge afkoeling, treden, niettegenstaande er tevoren in de kern reeds trekspanningen zijn, belangrijke hoogere waarden voo r de trek- en buigvastheid op. Een analoog verschijnsel zien wij bij de z.g. Bologneesche Tranen, die men door indruppelen van glas in een koelvloeistof maken kan. Het oppervlak staat dan onder hooge drukspanning. Uit optische metingen kan men afleiden, dat in het inwendige onwaarschijnlijk hooge trekspanningen optreden. Technisch wordt deze thermische behandeling bij het „geharde" veiligheidsglas toegepast. Bij deze voorbeelden treedt tengevolge van het vermijden van trekspanningen aan het oppervlak in de kern een abnormaal hooge trekvastheid op. Bij insmeltingen van wolfraam in glas met een lagere uitzettingscoëfficient krijgt men een analoge spanningsverdeeling, ten minste wanneer men het contactvlak tusschen metaal en glas niet als glasoppervlak beschouwen moet. Zoolang glas en metaal kleven schijnen alle practische ervaringen inderdaad daar op te wijzen. Tengevolge van deze gunstige omstandigheden kan men voor het glas een veel hoogere trekspanning toelaten, dan gebruikelijk is.

Inderdaad is het mogelijk zeer betrouwbare doorvoeren van wolfraam in bijna alle glassoorten der vierde groep te maken, o.a. met het glas, dat in het getallenvoorbeeld genoemd is en dat uitstekend voldoet. Daardoor wordt het dus mogelijk dichte doorvoeren in kwartswanden aan te brengen, die tegen warmte bestand zijn, daar sommige glassoorten der groep 4 zich zeer goed met kwartsglas laten versmelten. Voor kwartsglas alleen is volgens de berekening, en de ervaring bevestigd zulks, een dichte insmelting niet te maken, tenminste voor de gebruikelijke afmetingen.

Fig. 3 geeft de practische uitvoering van doorvoeren van wolfraam in kwartsglas met behulp van een hoogsmeltend tusschenglas (zie ook fig. 1b). Men ziet, dat merkwaardig „zware" doorvoeren gemaakt kunnen worden. In dit verband wijzen we tenslotte nog op de zeer hooge toelaatbare stroombelasting. Neemt namelijk de temperatuur van de draad toe, door warmte-ontwikkeling in de draad of warmtetoevoer vanuit het inwendige van de buis bijv., dan worden de spanningen in het glas geringer, dit in tegenstelling met het gebruikelijke geval van gelijke uitzetting $\alpha_m = \alpha_g$. Dank zij deze spanningsafname is het mogelijk doorvoeren voor stroomen tot vele honderden amperes te maken. De stroom is begrensd door de bij donkere roodgloeihitte optredende oxydatie van het wolfraam; in mindere mate door het gevaar van electrolyse, die in het beschouwde glas pas bij nog hoogere temperatuur storend werkt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

1251: J. van Niekerk en F. Franken: Over den invloed van zeer groote hoeveelheden antirachitisch vitamine van dierlijken oorsprong bij kuikens (Landbouwk. T. **49**, 742 - 748, Oct. 1937).

De invloed van het toedienen van te groote hoeveelheden vitamine-D op de groei en de sterfte van kuikens is nagegaan. De groeiremming en sterfte blijken evenredig te zijn met de grootte der overmatige concentraties vitamine-D. Eerst bij sterke overdoseering daarvan worden zij waargenomen. In verband met de kleine concentratie, waarin vitamine-D wordt verhandeld, is zelfs bij mogelijke vergissingen geen giftige werking te vreezen. Houdt men bij kuikens, die teveel vitamine-D hebben gehad, met het toedienen hiervan op, dan groeien zij weer normaal verder. Tenslotte worden methoden aangegeven, volgens welke men de giftigheid van antirachitische praeparaten quantitatief kan bepalen, waarbij kuikens als proefdieren dienst doen.

1252*: R. Houwink: Die Viskosität in konzentrierter Lösung (Oesterr. Chem. Z. **40**, 472 - 475, Nov. 1937).

Het gedrag van geconcentreerde oplossingen, dat van fundamenteele beteekenis is voor colloidchemische vragen en voor het vraagstuk der hoog gepolymeriseerde stoffen, wordt in dit artikel besproken (Vgl. **1199**).

1253: M. J. O. Strutt und A. van der Ziel: Die Ursachen für die Zunahme der Admittanzen moderner Hochfrequenz-Verstärkerröhren im Kurzwellengebiet (El. Nachr. Techn. **14**, 281 - 293, Sept. 1937).

Uit metingen aan hoogfrequentie versterkerbuizen blijken ingangsverliezen, uitgangsverliezen en terugwerkingsadmittantie bij zéér korte golven belangrijk met de frequentie toe te nemen. In tegenstelling tot de gebruikelijke opvatting, dat de oorzaak hiervan steeds dient te worden gezocht in de looptijden der electronen, volgt uit vele metingen, dat $^1/_2$ tot $^1/_3$ der ingangsverliezen en vrijwel de geheele uitgangsverliezen en terugwerkingsadmittantie moeten worden toegeschreven aan inductiviteiten binnen en buiten de moderne hoogfrequentie versterkerbuis van normale uitvoering (bijv. AF 3 en AF 7). Een algemeene theorie over de invloed van inductiviteiten van toevoerdraden op de admittanties wordt voor verschillende typen buizen opgesteld. De hierbij gevonden formules blijken met de metingen overeen te stemmen, hetgeen niet het geval is met de formules voor de invloed van de looptijden der electronen op de admittanties der versterkerbuizen.

1254: E. M. H. Lips: De constructie van gietstukken met betrekking tot de eisch „spanningsvrij" (Metaalbewerking **4**, 289 - 291 en 309 - 312, Oct. 1937).

Ongelijkmatige afkoeling van een gietstuk veroorzaakt daarin gietspanningen. Nader wordt beschreven, wat men dient te verstaan onder ongelijkmatige afkoeling en op welke wijze men bij het construeeren, door het onderdeel juist te dimensioneeren, een gelijkmatige afkoeling en dientengevolge afwezigheid van spanningen in het gietstuk kan bewerkstelligen. De proeven werden uitgevoerd in samenwerking met de ijzer- en metaalgieterij „De Globe" te Tegelen.

1255: W. Elenbaas: Über eine Kombination der hydrodynamische Theorie des Wärmeübergangs und der Langmuirschen Theorie (Physica **4**, 761 - 765, Oct. 1937).

De door Langmuir gegeven theorie van de afgifte van warmte door draden van verschillende diameter aan gassen met verschillende druk wordt gecombineerd met de door Nuszelt gegeven hydrodynamische theorie. De theorie van Langmuir stemt bij een goede keuze der parameters overeen met de experimenteele resultaten van Nuszelt. Door combinatie der beide theorieën kan men de afgifte van warmte in alle tweeatomige gassen berekenen met behulp van één enkele constante.

1256: J. A. M. van Liempt and J. A. de Vriend: Testing focal plane shutters (Physica **4**, 811 - 827, Oct. 1937).

Er wordt beschreven, hoe men met behulp van een kathodestraalbuis een spleetsluiter grondig kan controleeren, wat betreft de looptijd van de spleet, de spleetbreedte, de beweging van elk der gordijnen, de belichtingstijd en het rendement.

*) Van publicaties, gemerkt met een *, is geen voor verspreiding voldoend aantal overdrukken beschikbaar. Van de andere publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvraag gaarne overdrukken,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

1257: J. L. Snoek: Volume magnetostriction of iron and nickel (Physica **4**, 853 - 862, Oct. 1937).

De volume-magnetostrictie wordt gemeten met een aluminium dilatometer, waarin de thermische uitzetting van de proefstaaf en van de vulvloeistof tengevolge van het magneto-calorische effect wordt gecompenseerd door de uitzetting van de dilatometer. Dit is slechts voor een bepaalde temperatuur exact het geval, maar voor andere temperaturen kunnen gemakkelijk correcties worden aangebracht.

Bij kamertemperatuur zijn nauwkeurige metingen uitgevoerd aan zuiver ijzer en zuiver nikkel. Zooals te verwachten was, wordt de helling van de lijn, die de specifieke verlenging voorstelt in afhankelijkheid van het magnetische veld, nagenoeg niet beinvloed door de spanningstoestand van de proefstaaf. Wèl is er een belangrijke evenwijdige verschuiving. De verandering van het effect met de temperatuur is voor nikkel niet grooter dan de meetfouten.

1258: C. J. Bakker: On the efficiency of the production of artificial radio-active substances by slow neutrons (Physica **4**, 863 - 870, Oct. 1937).

Oplossingen van verschillende zouten werden bestraald met neutronen, geleverd door een radium-beryllium-praeparaat, teneinde kunstmatig radioactieve elementen te produceeren. De opbrengst was resp. voor de productie van radio-chloor met een halveeringstijd van 35 min: 1%, radio-broom van 18 min: 16%, radio-broom van 4 uur: 7%, radio-broom van 36 uur: 0,6%, radio-jodium van 35 min: 3% en radio-mangaan van 2,5 uur: 6%. Minimum waarden voor de werkzame doorsneden met betrekking tot het invangen van langzame neutronen werden bepaald.

1259: E. M. H. Lips: Härtemessungen an Gefügebestandteilen (Z. Metallk. **29**, 339 - 340, Oct. 1937).

Het meten van de hardheid van structuurbestanddeelen wordt beschreven (vgl. Philips techn. T. **2**, 179, 1937).

1260*: C. J. Dippel: Reversibele en irreversible verschijnselen bij adsorptie van dampen aan overgedampte zoutoppervlakken (Chem. Wbl. **34**, 676 - 678, Oct. 1937).

De moleculaire adsorptieverhouding van caesium en jodium aan overgedampt calciumfluoride is niet constant. Dit kan in verband met andere onderzoekingen worden verklaard met behulp van de onderstelling, dat deze verhouding eigenlijk het product is van een zuivere adsorptie-verhouding en een verhouding der oppervlakte-grootten. Onder invloed van de caesiumadsorptie kan het toegankelijke gedeelte van een calcium-fluoride-oppervlak grooter worden (opensplitsen van interlamellaire ruimten) tengevolge van een soort zwelling. Deze is ten deele omkeerbaar, ten deele echter onomkeerbaar, daar een gedeelte van het adsorptief op onomkeerbare wijze wordt gebonden. Deze opvatting kan ook bij de adsorptie van jodium de gevonden adsorptie-hysteresis ongedwongen verklaren. De adsorptie van caesium aan calciumfluoride blijkt hoogstens drie atoomlagen dik te zijn.

1261*: A. E. van Arkel en J. H. de Boer: Supplement van „Chemische Binding" (31 pag.; Centen, A'dam 1937).

In dit supplement op het in 1929 verschenen boek „Chemische Binding als electrostatisch verschijnsel" hebben de schrijvers eenige der belangrijkste punten samengevat, waaromtrent de inzichten gedurende de laatste jaren een sterke ontwikkeling hebben doorgemaakt. De vorming van complexen en het verschijnsel van condensatie onder invloed van de Van der Waals-krachten worden o.a. besproken.

1262: M. J. O. Strutt: Mesures des constantes caractéristiques de quelques penthodes haute fréquence pour des fréquences de 1,5 à 300 mégacycles par seconde (Onde él. **16**, 553 - 577, Oct. 1937).

Dit artikel is een Fransche bewerking van **1243.**

1263: J. H. de Boer und H. H. Kraak: Aktivierte Adsorption von Sauerstoff an Molybdänschichten (Rec. Trav. chim. Pays Bas **56**, 1103 - 1110, Nov. 1937).

Bij dunne metaallaagjes, die in aanraking komen met zuurstof, treedt rekristallisatie op en vorming van oxyde aan het oppervlak, zooals merkbaar is aan een verandering van het electrische geleidingsvermogen. Het tweede effect kan bij molybdenium afzonderlijk worden gemeten. Slechts een zeer klein gedeelte der oppervlakte-atomen bindt bij —185 °C de zuurstof chemisch. Van der Waals-adsorptie, die geen weerstandsverandering veroorzaakt, vindt bij deze temperatuur ook plaats, zooals werd aangetoond door het toenemen der oxydatie bij opwarmen van de laag in vacuum. Zooals werd verwacht, neemt de activeeringsenergie der oxydatie toe in de volgorde: caesium, molybdenium en koolstof.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

1264: Balth. van der Pol and H. Bremmer: The diffraction of electromagnetic waves from an electrical point source round a finitely conducting sphere, with applications to radiotelegraphy and the theory of the rainbow. (Phil. Mag. **24**, 141 - 176, July 1937 and **24**, 825 - 864, Suppl. Nov. 1937).

Op verschillende wijzen wordt de buiging om een bol onderzocht voor electromagnetische golven, die uitgezonden worden door een punt daarbuiten. In de eerste plaats wordt de methode van Watson beschreven, die bestaat in het omvormen van de oneindige reeks van bolfuncties voor de vector van Hertz in een andere reeks, die veel sneller convergeert voor golflengten, die klein zijn ten opzichte van de afmetingen van de bol. Een groot aantal numerieke uitkomsten wordt medegedeeld voor het geval, dat de puntvormige bron een radiozender voorstelt, die gelegen mag zijn zoowel op het oppervlak van de geleidende bol als op een kleine afstand daar vandaan, waarbij het geleidingsvermogen en de diëlectriciteitsconstante van de bol verschillende waarden kunnen hebben. Deze methode wordt vergeleken met die, waarbij naar karakteristieke functies wordt ontwikkeld, hetgeen overeenkomst vertoont met methoden, die men gebruikt bij de behandeling van de trillende snaar en in de golfmechanica.

In de verdere verhandeling wordt de oorspronkelijke harmonische reeks voor de vector van Hertz gesplitst in een oneindige som van andere harmonische reeksen. Elk van deze reeksen kan worden beschouwd als de beschrijving van een golftrein, die één of meer malen is teruggekaatst op het binnenoppervlak van de bol. Voor zeer hooge frequenties gaan deze golven over in stralen. Men kan deze reeksen benaderen met behulp van een zadelpuntsontwikkeling. Deze methode levert goede benaderingen voor het veld van een radiozender in het gebied boven zijn optische horizon. Bevindt de puntvormige bron zich in het oneindige, dan verkrijgen wij een strenge interpretatie van de bekende theorie van Airy voor de intensiteit van het licht in de regenboog.

1265: Balth. van der Pol: Propagation of short waves over a spherical finitely conducting earth. (Ref. u. Mitt. Int. Kongr. Kurzwellen, Wien, 1937, S. 34 - 35).

In deze voordracht voor het internationale congres voor korte golven (Weenen 1937) werd hetzelfde onderwerp besproken, als in **1264** werd behandeld.

1266: K. Posthumus: Kurzwellenröhren (Ref. u. Mitt. Int. Kongr. Kurzwellen, Wien 1937, S. 78 - 88).

In deze voordracht wordt een overzicht gegeven van de verschillende soorten buizen voor het opwekken, versterken en moduleeren van hoogfrequente trillingen. Uit de werkingswijze van de triodegenerator wordt afgeleid, dat deze slechts dan met een behoorlijk rendement golven van enkele meters lengte kan opwekken, indien men er voor zorgt, dat de looptijden der electronen in de buis voldoende klein zijn. Daarna worden buizen besproken, wier werking berust op het ontstaan van Barkhausen-trillingen, en magnetrons met een enkelvoudige anode en met meervoudige anoden. Met deze laatste soort magnetrons kan men bij luchtkoeling op een golflengte van 60 cm een vermogen van 60 W uitzenden met een nuttig effect van 50 %. De modulatie van deze magnetrons geschiedt, doordat men intermitteerend met een ultra-acoustische frequentie de magnetrons gedurende een kortere of langere tijd niet resp. het volle vermogen laat uitzenden.

Tenslotte wordt aangegeven, welke middelen ten dienste staan om er bij versterking voor te zorgen, dat de frequentie van de versterkte trilling uitsluitend wordt bepaald door de frequentie van de stuurzender.

1267: W. G. Burgers, J. D. Fast und F. M. Jacobs: Zug- und Rekristallisationstextur von Zirkondraht (Z. Metallk. **29**, 410 - 412, Dec. 1937).

Door een in een ijzeren mantel gevatte zirkoonstaaf zonder eenige verwarming te hameren en te trekken wordt een zirkoondraad verkregen, die een bijzonder duidelijke trektextuur vertoont. Deze textuur onderscheidt zich van die van een normale draad, doordat niet alleen het grondvlak (0001) maar ook een digonale as van de tweede soort (1010) evenwijdig is aan de as van de draad (met een zekere spreiding). Bij rekristallisatie treedt een textuur op, die afwijkt van de trektextuur. Bij eenzelfde ligging van het grondvlak ligt nu een digonale as van de eerste soort (1120) evenwijdig aan de as van de draad. Bij gloeien boven het overgangspunt en bij weer afkoelen tot kamertemperatuur blijft deze textuur bewaard.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!